

# Beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd

*Decision support system for locating main forwarding roads and  
calculating the average terrain transport distance*



Mattias Wählberg von Knorring

**Arbetsrapport 358 2012**  
**Examensarbete 30hp D**  
**Jägmästarprogrammet**

**Handledare:**  
**Iwan Wästerlund**



# **Beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd**

*Decision support system for locating main forwarding roads and  
calculating the average terrain transport distance*

**Mattias Wåhlberg von Knorring**

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp  
Jägmästarprogrammet

EX0707

Handledare: Iwan Wästerlund, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Extern handledare: Fredrik Eriksson, Korsnäs AB

## Förord

Denna studie är ett examensarbete motsvarande 30hp i skogshushållning med inriktning på skogsteknik. Studien är utförd vid institutionen för skoglig resurshushållning på Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå.

Uppdragsgivare för studien var Korsnäs AB, hos vilka data inhämtats och bearbetats.

Ett stort tack riktas till Korsnäs AB som finansierat resor och boende under fältförsöken samt entusiastiskt svarat på frågor under genomförandet av studien.

Till alla medverkande i studien som ställt upp med värdefull kunskap och tid, vill jag rikta ett stort tack. Avverkningsplanerarna på Korsnäs AB, kontor Malung och Orsa, samt entreprenörerna på JoMe Skog AB och Grundbergs Skogstransporter AB vilka outtröttligt svarade på mina frågor och belyste viktiga faktorer för min studie.

Ett stort tack till mina handledare, professor Iwan Wästerlund, Institutionen för Skoglig resurshushållning och Fredrik Eriksson, Korsnäs AB samt Dag Fjeld, Institutionen för Skoglig resurshushållning som med kort varsel ställde upp med hjälp och värdefulla kommentarer. Tack till Jonas Bohlin på Institutionen för fjärranalys för hjälp och värdefulla tips med GIS.

Tack till Karl Tiger för samarbete vid definiering av terrängtransportavstånd och medelterrängtransportavstånd.

Till sist vill jag rikta ett stort tack till min familj och mina vänner för korrekturläsning, stöd och uppmuntran under genomförande av studien.

Gävle, juni 2012

Mattias Wåhlberg von Knorring

## Sammanfattning

Det svenska skogsbruket är beroende av skotning för uttransport av virke från skog till bilväg. Kostnaden för skotningen har en korrelation med skotningsavståndet och terrängförhållandena på avverkningstrakten. Hur man idag (2011) beräknar ett medelterrängtransportavstånd, vilka sträckor som ingår det, skiljer sig mellan skogsbolag och entreprenörer, vilket skapar osäkerhet vid förhandling och planering. Det saknas idag beräkningsmodeller för att enhetligt kunna beräkna ett medelterrängtransportavstånd, vilket skulle kunna underlätta vid förhandling och planering av en avverkningstrakt.

Målet med examensarbetet var att för Korsnäs AB utveckla ett beslutsstöd vid planering av en avverkningstrakt i föryngringsavverkning. Målet delades upp i två delmål:

1. Kartlägga och analysera rutinerna kring planering vid placeringen av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd.
2. Att med hänsyn till produktivitets- och miljökrav, skapa ett förslag för placeringen av en basväg i terrängen samt underlätta beräkningen av ett medelterrängtransportavstånd.

Metoden startade med en litteraturstudie samt att definiera ett skotningsavstånd. Därefter användes delmoment. Delmoment ett bestod av kartläggning av rutiner vid beräkning av medelterrängtransportavstånd och vägval i terrängen. Delmoment två bestod av att utveckla ett beslutsstöd i GIS som genererar ett planeringsunderlag med förslag till en placering av basväg i terrängen, samt underlättar beräkningen av ett medelterrängtransportavstånd.

Resultatet visade att skogsbranschen bör enas om en enhetlig standard för ett skotningsavstånd, och hur det ska beräknas. Det visade även att det är möjligt att utveckla ett beslutsstöd som genererar ett enhetligt planeringsunderlag, vilket underlättar beräkningen av medelterrängtransportavstånd samt behovet av maskin- och personalresurser för en avverkningstrakt.

Nyckelord: *terrängtransportavstånd, medelskotningsavstånd, beslutsstöd, basväg, skotning, GIS.*

## Summary

In Swedish forestry, forwarders are used to extract wood from harvest areas to roadside. The cost for extraction is dependent on the forwarding distance and terrain conditions. The definition of average forwarding distance and even methods used to calculate it, however, differs between logging contractors and clients. This situation creates uncertainty in both the planning of harvest work and price negotiations. Many factors affect the length of the main forwarding road on a harvest area. Terrain factors such as ground conditions, surface structure and gradient influence accessibility and the placement of a main forwarding road. Considerations to environmental demands and historical relics also affect the placement of a main forwarding road. New technologies enable the simulated location of a main forwarding road and the calculation of the driving distance. This could lead to better input data for harvest planning and a correct calculation of the average forwarding distance.

The goal for this study was to develop such a decision support system for use in the planning of final felling for Korsnäs AB. This was divided into two sub-goals:

1. Analysing the routines for the location of main forwarding roads in the terrain and the methods used to calculate the corresponding forwarding distance.
2. Creating a decision support system that incorporates both production and environmental goals in the location of a main forwarding road and in the calculation of the resulting average forwarding distances.

The study started with a literature search to correctly define the average forwarding distance. The study was thereafter divided into the two parts corresponding to the two sub-goals above. The first part consisted of collecting existing information about the current routines at Korsnäs AB for calculating the average forwarding distance. This was followed by interviews with contractors and harvesting planners regarding average forwarding distance and terrain transport in general. The second part consisted in developing the decision support system that from existing geographical data simulates the placement of a main forwarding road and creates planning data that makes it easier to calculate the corresponding forwarding distance.

The results showed that there was some inconsistency in the perceptions of the concept of average forwarding distance is and which distances are included in it. Thus, the results indicate a need to agree on a unified standard for forwarding distances. The developed decision support system could successfully simulate the location of a main forwarding road in the terrain and creation of harvest planning input for calculating the average forwarding distance integrating both production and environmental considerations. The better input enables both contractors and the planners to better estimate the machine- and staff requirements. This could, in turn, reduce the total cost of final felling for both contractors and the forest companies.

*Keywords: forwarding, main forwarding road, GIS, decision support system, terrain transport.*

# Innehållsförteckning

1 Inledning.....	6
1.1 Definition av medelskotningsavstånd och medelterrängtransportavstånd .....	6
1.2 Skattning av terrängtransportavstånd .....	8
1.3 Placering av basvägar .....	9
1.4 Mål.....	10
2 Material och metoder.....	11
2.1 Intervjuer och kartläggning av befintliga rutiner för beräkning av medelterrängtransportavstånd och placering av basvägar i terrängen.....	11
2.2 Utveckling av beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd.....	12
2.2.1 Geografiskt material och val av testobjekt för beslutsstödet.....	12
2.2.2 Beslutsstödsmodellens huvudsteg .....	13
3 Resultat .....	20
3.1 Intervjuer och kartläggning av befintliga rutiner för beräkning av medelterrängtransportavstånd och placering av basväg i terrängen.....	20
3.2 Beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd.....	23
4 Diskussion .....	27
4.1 Produktivitet vid längre basvägar och medelskotningsavstånd .....	27
4.2 Jämförelse med andra beslutsstöd .....	29
4.3 Beräkning av planerat medelskotningsavstånd med beslutsstödet .....	29
4.4 Skillnad mellan skattat och simulerat medelterrängtransportavstånd .....	30
4.5 Framtida utmaningar .....	30
4.6 Resultatets tillförlitlighet .....	31
4.7 Slutord .....	31
4.8 Slutsats.....	32
Litteraturförteckning.....	33
Personlig kommunikation.....	34
Bilaga 1. Intervjuunderlag för avverkningsplanerare .....	35
Bilaga 2. Intervjuunderlag för skördar- och skotarförare.....	36
Bilaga 3. Intervjusammanställning med svar från entreprenörer. ....	37
Bilaga 4. Intervjusammanställning med svar från avverkningsplanerare.....	41
Bilaga 5. Tabell för viktklassificering utifrån Korsnäs AB TYP-kod.....	45
Bilaga 6. Tabell för viktklassificering utifrån Lantmäteriets KKOD.....	46

# 1 Inledning

År 2009 avverkade det svenska skogsbruket 80,1 miljoner skogskubikmeter ( $m^3sk$ ) varav 76,8 miljoner  $m^3sk$  helt eller delvis tillvaratagits (Loman 2010). De stammar som tillvaratas i skogen är till stor del beroende av skotning för uttransport av timmer, massaved och träddelar från terrängen till avlägg vid bilväg (Carlsson 1999). Kostnaden för skotning står för en betydande del av drivningskostnaden i föryngringsavverkning och gallring. År 2009 var medelkostnaden för skotning i föryngringsavverkning 38 kronor per kubikmeter fast mått under bark ( $kr/m^3fub$ ) vilket är 42 % av den totala drivningskostnaden på 90  $kr/m^3fub$  (Brunberg 2010). I gallring var medelkostnaden 59  $kr/m^3fub$  vilket är 34 % av den totala drivningskostnaden på 174  $kr/m^3fub$  (Brunberg 2010). Kostnaden för skotning är i hög grad beroende av skotningsavståndet och terrängens egenskaper på avverkningstrakten, eftersom tidsåtgången snabbt ökar vid ökande skotningsavstånd och dålig terräng (Brunberg 2004).

Skotningen står således för en väsentlig del av råvarukostnaderna för skogsindustrin, men förvånansvärt lite är studerat rörande detta arbete. Exempelvis finns det en del oklarheter om den sträcka som virket transporteras och hur det skattas och mäts (Femling 2010, Anon. 2012). Dessutom är de förekommande begrepp förhållandevis odefinierade, vilket ökar risken för missförstånd. I skotningssammanhang brukar man till exempel ofta tala om medelskotningsavstånd och terrängtransportavstånd, ibland som synonymer och ibland som skilda saker. Därför är det på sin plats att definiera de centrala begreppen som kommer att användas i detta arbete.

## ***1.1 Definition av medelskotningsavstånd och medelterrängtransportavstånd***

Medelskotningsavståndet och medelterrängtransportavståndet definieras inte i Skogsencyklopedin (Anon 2011), men definieras i detta arbete utifrån Skogsencyklopedins definition av termer kring skotning och uttransport (tabell 1). Definitionerna har gjorts i samarbete med Karls Tiger i samband liknande definitionsbehov för hans arbete (Tiger 2012).



**Tabell 1.** Definitioner av termer som används i detta arbete kring förklaring av medelskotningsavstånd samt relaterade benämningar

**Table 1.** Definition of terms used in this study regarding the average forwarding distance

Termer	Definition enligt Skogsencyklopedin (Anon 2011)
Avlägg	"plats där rundvirke hopsamlas för vidaretransport, vanligen vid byte av transportsätt. Även upparbetning kan förekomma på avlägg."
Avverkningstrakt	"ett för avverkning avgränsat skogsområde. Jfr drivningstrakt"
Basväg	"åtkomstväg för utforsling av virke. Basvägen binder samman stickvägar i ett skogsbestånd och leder fram till avlägg."
Drivningstrakt	"område där drivning sker eller avses komma till utförande. Basväg och avlägg bör inräknas i drivningstrakt. Jfr avverkningstrakt."
Skotning	"uttransport av helt uppburet virke på lastbärare, t.ex. skotare, kärra eller dragen vagn i terräng, på stickväg eller skiftesväg fram till basväg eller avlägg."
Stickväg	"uppsamlings väg, ofta tillfälligt använd och som i regel slutar blint i skogsmark."
Terrängtransport	"forsling av virke i obanad terräng och på mycket enkel, ofta tillfälligt anordnad väg."
Trakt	"benämning på visst del av skogsområde, ofta i betydelsen åtgärdsenhet i samband med åtgärder som t.ex. avverkning"
Uttransport	"transport av avverkat virke från avverkningsplats till avlägg, där vidaretransport tar vid."
Virkeshög	"mindre antal stockar upplagda som virkestrave i skogen för avhämtning av skogsmaskin eller häst."

Medelskotningsavståndet ( $S_{medel}$ ) är sträckan för samtliga lass som körs ut från en trakt (del) ( $S_{tot}$ ) dividerat med antal utkörda lass ( $n$ ). Sträckan för terrängtransport körs på bas- och stickväg till, under och från lastningsområdet. I dagligt tal och i prestationsnormsunderlag menar man vanligtvis sträckan enkel väg, vilket erhålls genom att medelsträckan divideras med två. Medelskotningsavståndet enkel väg beräknas alltså enligt:

$$S_{medel} = \frac{\left(\frac{S_{tot}}{n}\right)}{2}$$

Den totala körsträckan för skotning ( $S_{tot}$ ) fås genom att summera de enskilda sträckorna för respektive vända (lass) enligt:

$$S_{tot} = \sum_{k=1}^n (Stav_k + Sl_k + Slav_k + Sa_k)$$

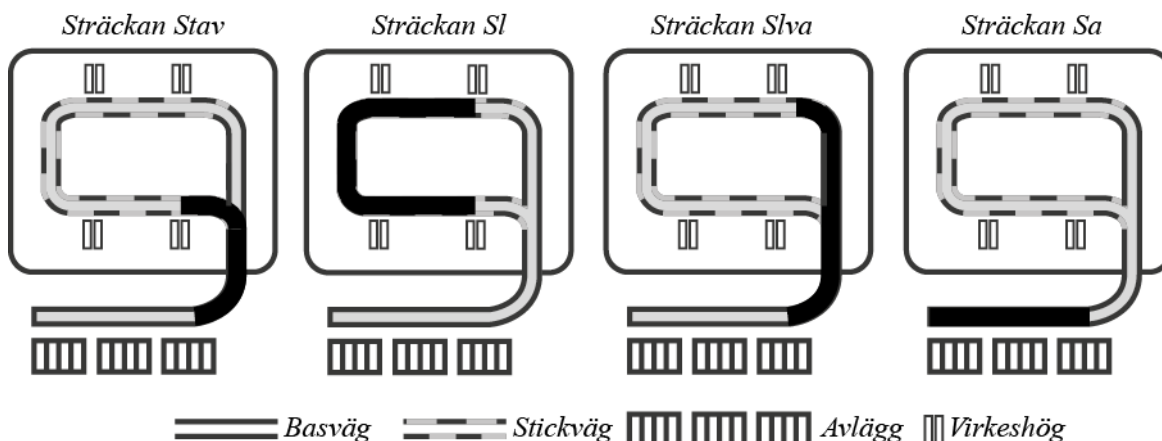
där  $n$  = antal lass som skotas ut från en trakt och delsträckorna definieras i Tabell 2 och visualiseras i Figur 1.

Medelterrängtransportavståndet avser den sträcka som används för ren transport, dvs. summan av delsträckorna  $Stav$  och  $Sl$  delat antalet lass och delat med två (för att få enkel väg). Medelterrängtransportavstånd benämns i praktiken oftast bara *terrängtransportavstånd*, men för tydlighetens skull kommer den korrekta termen att användas i detta arbete.

**Tabell 2.** Definition av delsträckor som ingår i medelskotningsavståndet ( $S_{medel}$ )

**Table 2.** Sections included in the forwarding distance ( $S_{medel}$ )

Variabel	Sträcka (m)
<i>Stav</i>	Sträckan för tomkörning från avlägg tills lastning av virkeshögar påbörjas på avverkningsplatsen.
<i>Sl</i>	Sträckan för körning under lastning av virke från virkeshög på avverkningsplatsen.
<i>Slva</i>	Sträckan för körning med (fullt) last, d.v.s. – från lastningens avslutande (sista virkeshögen) till avlägg.
<i>Sa</i>	Sträckan för körning under avlastning (inklusive sortering) av virke på avlägg.



**Figur 1.** Heldragen linje visar sträckningen av delsträckan *Stav*, *Sl*, *Slva* och *Sa* på en avverkningsstrakt som ingår i ett medelskotningsavstånd ( $S_{medel}$ ).

**Figure 1.** Schematic illustration of the sections *Stav*, *Sl*, *Slva* and *Sa* included in  $S_{medel}$  for a harvest area.

## 1.2 Skattning av terrängtransportavstånd

För att beräkna ett planerat medelterrängtransportavstånd används idag (2011) mätning på karta eller geografiska informationssystem (*GIS*). Det görs genom att mäta avståndet fågelvägen mellan en punkt på avverkningsstrakten där tyngdpunkten av volymen anses vara, till en punkt vid befintlig väg (Eriksson 2012, pers. komm.). Sedan multipliceras i vissa fall en slingerfaktor för att korrigera avståndet fågelvägen för de hinder och faktorer i terrängen skotaren kan behöva undvika vid terrängkörning (von Segebaden 1964).

Den slingerfaktor som von Segebaden (1964) beräknade, utvärderades i Femlings (2010) studie över medelskotningsavstånd i gallring. Femling (2010) visade att det faktiska medelskotningsavståndet i gallring var i medel 61 % längre än det planerade medelterrängtransportavståndet. Tiger (2012) visade att det faktiska medelskotningsavståndet i föryngringsavverkning var 67,4 % längre än det planerade medelterrängtransportavståndet. Femlings (2010) och Tigers (2012) studier visar dessutom på en stor variation i skattningsmetodikens noggrannheten, med stor variation mellan enskilda trakter. Osäkerheten kring skotningsavstånden gör det svårt för både entreprenörer och uppdragsgivare att uppskatta kostnaden och tidsåtgången vid olika avverkningsstrakter. Det skapar diskussioner vid prissättningen på avverkade avverkningsstrakter mellan entreprenörer och uppdragsgivare efter avslutad skotning (Thorner 2011). Metoden för beräkning av medelterrängtransportavstånd skiljer sig åt mellan olika uppdragsgivare (Tiger 2012). Orsaken till det är att det saknas en allmänt tillämpad definition och att det inte finns någon tydlig metod för hur beräkning ska ske. Att uppdragsgivare kan ha olika tillämpningar får effekt i de beräkningsmodeller och prissättningar som används, vilket

leder till osäkerhet hos både entreprenörer och uppdragsgivare vid en upphandling av skotning (Andersson 2011, pers. komm.).

Givet en gemensam samsyn och tillämpning av den nuvarande skattningsmetodiken, så finns det ändå flertalet orsaker till att ett planerat och det faktiska medelterrängtransportavståndet kan skilja sig åt. Skotaren kan oftast inte köra raka vägen från bilväg till en trakt del på en avverkningstrakt, utan måste väja för hinder och ta hänsyn till andra faktorer i terrängen som grundförhållanden, ytstruktur och lutning (Malmberg 1981). Faktorer så som snö, frost och regn påverkar både bärigheten i marken och skotningsavståndet enligt Malmberg (1981). Vid bestämningen av grundförhållanden, ytstruktur och lutning (*GYL*) används i terrängtypschemat från Berg (1995) en skala från 1 till 5, där 1 indikerar lätta förhållanden och 5 indikerar mycket svåra förhållanden i respektive klass. Det finns fler faktorer än terrängens motstånd som ger upphov till längre medelterrängtransportavståndet. I skogsvårdslagen är miljömålen likställda med produktivitetsmålen vilket innebär att hänsynskrävande biotoper, kulturmiljöer, djur- och växtliv måste beaktas vid skotning för att undvika skador (Anon 2010b).

### **1.3 Placering av basvägar**

För att undvika att det uppstår skador på skog och mark i samband med skotning är det viktigt att planera placeringen av basvägarna väl. Välplacerade basvägar kan leda till kortare medelterrängtransportavståndet, mindre skador på miljön och lägre avverkningskostnad. För att kunna utföra en korrekt placering av basvägen krävs ett bra planeringsunderlag.

Planeringsunderlaget skulle kunna utformas för att veta var basvägen i terrängen ska placeras. Hur och var överfarter ska anläggas och innehålla tips om hur hjulustrutningen ska konfigureras, som en del av planeringsunderlaget till entreprenören (Staland 2002). En minskning av körning i terräng med dålig bärighet skulle kunna medföra att spårbildningen i terrängen minskar. Att minska spårbildningen kan ge bränslebesparingar eftersom en spårbildning djupare än 10 cm förbrukar 0,1 liter bränsle per ton mer vilket kan ge ett stort utslag på kostnaderna vid skotning (Wästerlund & Andersson 2011).

Genom att använda sig av information från flera data källor i ett beslutsstöd som skapar rapporter och visualiserar lösningar, kan man underlätta problemlösningen med färdiga förslag (Stair & Reynolds 2005). Ett beslutsstöd kan användas vid avverkningsplanering av avverkningsplanerare för att ta bra beslut vid fältarbetet. Beslutsstödet kan utifrån geografiska data över en avverkningstrakt simulera olika lösningar i GIS och ge en bild av den information som finns tillgänglig (Mohtashami *et al.* 2011). I skogsbruket finns flera exempel där beslutsstöd används och utvecklats för stöd vid beslutsfattning. Exempelvis har Heureka utvecklats som är ett beslutsstöd för skoglig planering (Thelberg 2011) och RuttOpt som är ett beslutsstöd för ruttoptimering av timmertransporter (Andersson *et al.* 2008). Även Krönt Vägval är ett beslutsstöd inriktat på att hitta den smartaste vägen för transport mellan avlägg och industri (Lidén *et al.* 2009) och används i skogsbruket för att optimera transporter. Att optimera rutten kan förkorta den totala körsträckan vid skotning vilket Flisberg *et al.* (2007) visade genom att optimera rutterna för skotare mellan avlägg och virkeshög på trakten med GIS baserade på vehicle routing problem. Flisberg *et al.* (2007) utvecklade ett verktyg som på cirka en minut kunde lösa vilka virkeshögar som skulle hämtas på trakten och lämnas på avlägg, med hänsyn till minsta avståndet. Resultatet av simuleringen visade att verktyget kunde förkorta den totala körsträckan med 5-12% jämfört med det manuella alternativet (Flisberg *et al.* 2007). Arvidsson *et al.* (1999) visade även att en optimering av skotning på en avverkningstrakt innebar miljövinster i form av mindre bränsleförbrukning, minde utsläpp och färre skador på

marken. Lidén *et al.* (2009) visade dock att det inte alltid är den kortaste eller snabbaste vägen som är den mest optimala vägen från en position till en annan position. Verktyget Krönt Vägval som utvecklats i Lidén *et al.* (2009) studie visade att ett vägval som kombinerades med viktade faktorer så som slitage på fordonet, bränsleförbrukning etc. gav en smartare och mer optimal väg från skog till industri.

Det finns studier som har undersökt möjligheten att simulera fram en väg i terrängen med hänsyn till flera av de faktorer som nämnts tidigare. Suvinen (2006) koncentrerade sig på maskinens konfiguration, marktryck och säsongsberoende faktorer. Mohtashami (2011) fokuserade sig på att minska skadorna i marken genom att identifiera övergångar vid dålig bärighet och förbjudna zoner där det fanns hänsynskrävande miljöer. Genom att använda sig av teknik som Suvinen (2006) och Mohtashami (2011) använde sig av kan man skapa ett GIS-baserat beslutsstöd som simulerar en basväg i terrängen från bilväg till avverkningstrakt. Genom att vid avverkningsplaneringen använda en i förväg simulerad basväg får en avverkningsplanerare ett stöd för att kontrollera basvägen och beräkna ett medelterrängtransportavstånd, med hänsyn till både produktivitets- och miljökrav. För att kunna utveckla ett beslutsstöd för en basväg behövs ett underlag för vilka faktorer som har betydelse för körningen i terrängen, samt vilka av dessa faktorer som har störst påverkan. De studier som fram till idag simulerat fram en basväg i terrängen har varit inriktade på maskinens konfiguration, säsongsberoende faktorer och att minska skador på mark och miljö. Ingen av studierna beräknar utifrån den simulerade basvägen ett medelterrängtransportavstånd för en avverkningstrakt. Det saknas därmed kunskap om hur man med ett beslutsstöd genererar ett planeringsunderlag som innehåller ett förslag på placering av en basvägs i terrängen samt underlättar beräkningen för ett medelterrängtransportavstånd, med hänsyn både till produktivitets- och miljökrav. Ett bra planeringsunderlag skulle ge stöd för avverkningsplanerare samt entreprenör vid planering av en basväg, vars längd är en viktig del vid beräkning av ett medelterrängtransportavstånd på en avverkningstrakt.

#### **1.4 Mål**

Målet med examensarbetet var att för Korsnäs AB utveckla ett beslutsstöd för planering av en avverkningstrakt i föryngringsavverkning. Målet delade upp i två delmål:

1. Kartlägga och analysera rutinerna kring planering vid placeringen av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd.
2. Att med hänsyn till produktivitets- och miljökrav, skapa ett förslag för placeringen av en basväg i terrängen samt underlätta beräkningen av ett medelterrängtransportavstånd.

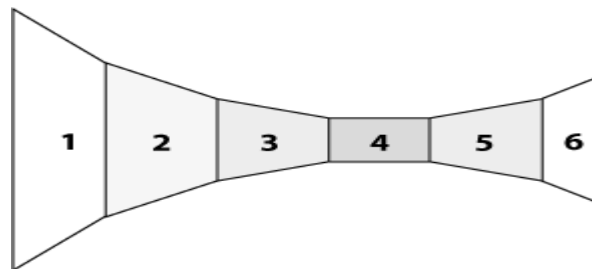
## 2 Material och metoder

Metoden för att ta fram ett beslutsstöd för att generera ett planeringsunderlag med ett förslag till en placering av en basväg i terrängen samt underlätta beräkning av ett medelterrängtransportavstånd började med en litteraturstudie. Litteraturstudien utfördes på områden gällande skotning och faktorer som påverkar terrängkörning. Eftersom skotningsavstånd inte fanns definierat i någon känd litteratur, skapades först en definition av ett medelskotningsavstånd (se Introduktionen, stycke 1.2). Studien delades därefter upp i två delmoment. Det första delmomentet bestod av att kartlägga de rutiner som Korsnäs AB (*Korsnäs*) idag använder sig av för att beräkna medelterrängtransportavståndet och placera basvägar i terrängen. I delmoment ett ingick även intervjuer med entreprenörer samt avverkningsplanerare för att kartlägga faktorer som är viktiga vid planering av terrängkörning. Det andra delmomentet bestod av att utveckla ett beslutsstöd för avverkningsplanering i GIS som tog hänsyn till faktorerna i den kartläggning som gjordes i delmoment ett och tidigare gjorda studier.

### ***2.1 Intervjuer och kartläggning av befintliga rutiner för beräkning av medelterrängtransportavstånd och placering av basvägar i terrängen***

För kartläggning av de rutiner som Korsnäs har vid beräkning av medelterrängtransportavstånd gjordes först ett intervjuunderlag till avverkningsplanerare (bilaga 1) hos Korsnäs, och ett intervjuunderlag till entreprenörer (bilaga 2) som anlitas av Korsnäs för skotning. Intervjuunderlaget togs fram innan definitionsarbetet vilket hade gjort det möjligt att tydligt särskilja skillnaderna mellan medelterrängtransportavstånd och medelskotningsavstånd och vad som fås fram vid planering respektive uppföljning med trippmätare. Därför används i underlaget *medelskotningsavstånd* för båda begreppen.

Intervjuerna genomfördes enligt Kyléns (2004) trattmodell. Trattmodellen ger intervjun sex delmoment vilka har en öppen start, en precisering av frågorna vid mitten av intervjun för att sedan avslutas mer öppet (Kylén 2004) (figur 2).



**Figur 2.** Trattmodellens sex steg som användes vid intervjuerna med en öppen start, precisering i mitten och ett öppet slut (Kylén 2004).

**Figure 2.** The six step model used for the interviews showing an open start, precision of questions in the middle and an open end (Kylén 2004).

De sex stegen i trattmodellen är enligt Kylén (2004):

1. Öppning – där information om arbetet och dess syfte presenterades.
2. Fri berättelse – här ställdes öppna frågor till intervjuobjektet.
3. Precisering – här preciserades frågorna mer till intervjuobjektet.
4. Kontroll – här kontrollerades uppgifterna och kontroll frågor ställdes.
5. Information – en snabb sammanfattning av intervjun utfördes.
6. Avslutning – tackade intervjuobjektet och berättade om hur arbetet skulle fortgå.

Frågorna till avverkningsplanerarna inriktade sig på hur planeringen för en basväg utförs idag, var svårigheterna finns och vad man kan förbättra. Vid kartläggning av rutinerna hos entreprenörerna gjordes ett intervjuunderlag som inriktade sig på hur planeringen av skotning och en basväg utförs idag, och vad man kan förbättra. Efter kartläggning av planeringen inriktades intervjun på terrängkörning och vilka hinder och svårigheter som kan identifieras. Båda intervjuunderlagen avslutades med en attityd undersökning om ett beslutsstöd för placering av en basväg i terräng och beräkning av ett medelterrängtransportavstånd, samt övriga önskemål de hade på ett sådant beslutsstöd.

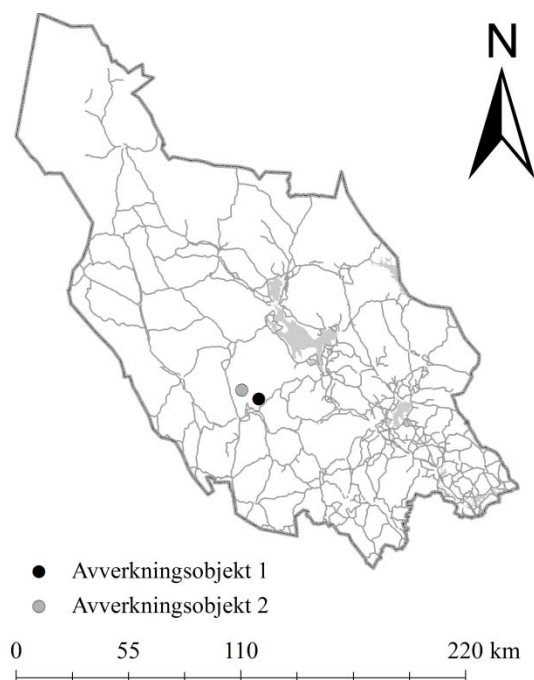
En sammanfattning av intervjuerna gjordes för att få en överblick av viktiga faktorer i terrängen och vid planering av basvägar. Sammanfattning gjordes utifrån en vidareutveckling av Kylén's (2004) metod med en matrismodell.

## ***2.2 Utveckling av beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd***

Metoden för att skapa ett underlag till ett beslutsstöd för planering av basvägar och beräkning av medelterrängtransportavstånd, utgick från sammanställningen av intervjumaterialen. Fler faktorer till underlaget identifierades utifrån kartläggningen av befintliga rutiner och tidigare gjorda studier av Mohtashami (2011) och Sumerling (2010). Underlaget låg därefter till grund för att identifiera viktiga parametrar vid planeringen av basvägar och beräkningen av medelterrängtransportavståndet. Simuleringen av basvägar och medelterrängtransportavstånd gjordes med ESRI ArcMap version 10, där verktyget Model Builder användes till att skapa en modell av beslutsstödet. Basvägen simulerades fram utifrån områden i geografin med olika viktclassningar som erhöles från ett kostnadsraster. Kostnadsrastret skapades genom att addera faktorer i terrängen som påverkar framkomligheten för en skotare och väga dessa faktorer emot varandra. För att veta var på avverkningstrakten basvägen skulle anläggas, skapades destinationspunkter med hänsyn till var volymkoncentrationen på traktdelen fanns. Därefter simulerades den minst kostsamma och kortaste basvägen i terrängen fram till destinationspunkten på en trakt del utifrån kostnadsrastret och höjdrastret. De vikter som användes i studien viktclassificerades från 1 till 5 enligt Malmbergs (1981) terrängtypschema, och Mohtashami (2011) samt författarens egna antaganden utifrån praktiska erfarenheter. Den högsta viktclassen ett hinder kunde erhålla var 25 och grundar sig på att en cell i ett raster som indikerar t.ex. en kolbotten, ska kunna undvikas med den i övrigt högsta viktclassningen 5 enligt Malmbergs (1981) terrängtypschema.

### **2.1.1 Geografiskt material och val av testobjekt för beslutsstödet**

Från Korsnäs entreprenörsweb valdes två avverkningsplanerade avverkningstrakter ut som beslutsstödet testkördes emot. Den information som nerladdades från entreprenörswebben var traktinformation såsom traktdirektiv och MaskinGIS data i ArcPad 7 format. Traktdirektivet och MaskinGIS filerna innehöll data från avverkningsplaneringen och geografisk data över avverkningstrakten. Metoden för att välja ut de avverkningsplanerade avverkningstrakterna grundar sig på de områden som var laserscannade och tillhandahållna av Lantmäteriet 2011. De planerade avverkningstrakterna låg i Dalarnas län (figur 3).



**Figur 3.** Utvalda avverkningsplanerade avverkningsstrakter i Dalarna som användes vid testkörning av det utvecklade beslutsstödet.

**Figure 3.** Planned harvesting areas in the county of Dalarna used for testing the decision support system.

De geografiska informationsdata (*GIS-data*) som användes i studien var befintlig data från Lantmäteriet, Skogsstyrelsen och Korsnäs och var begränsade till Dalarnas län. Valet av lager från GIS-data grundade sig på faktorer som kan påverka simuleringen av en basväg i terrängen och således även ett medelterrängtransportavstånd (tabell 3).

**Tabell 3.** GIS-data som använts vid simulering av basväg för terrängtransport

**Table 3.** GIS-data used in the simulation of main forwarding roads

GIS data	Variabler/Lager	Format	Upplösning	Utgivare	År
GSD <sup>1</sup> - Höjddata	Höjd, volym, ytstruktur	LiDAR	1:100	Lantmäteriet	2011
GSD - Vägkartan	Vägar, stigar, järnvägar	Vektor	1:100 000	Lantmäteriet	2009
GSD - Terrängkartan	Sumpmark, vatten, kraftledning, blockighet	Vektor	1:50 000	Lantmäteriet	2009
Biotopskydd	Biotopskydd	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011
Naturvärden	Naturvärden	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011
Naturvårdsavtal	Naturvårdsavtal	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011
Nyckelbiotoper	Nyckelbiotoper	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011
Nyckelbiotoper bolag	Nyckelbiotoper	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011
Skog & historia	Historiska lämningar, fornminnen	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011
Sumpskogar	Sumpskogar	Vektor	1:10 000	Skogsstyrelsen	2011

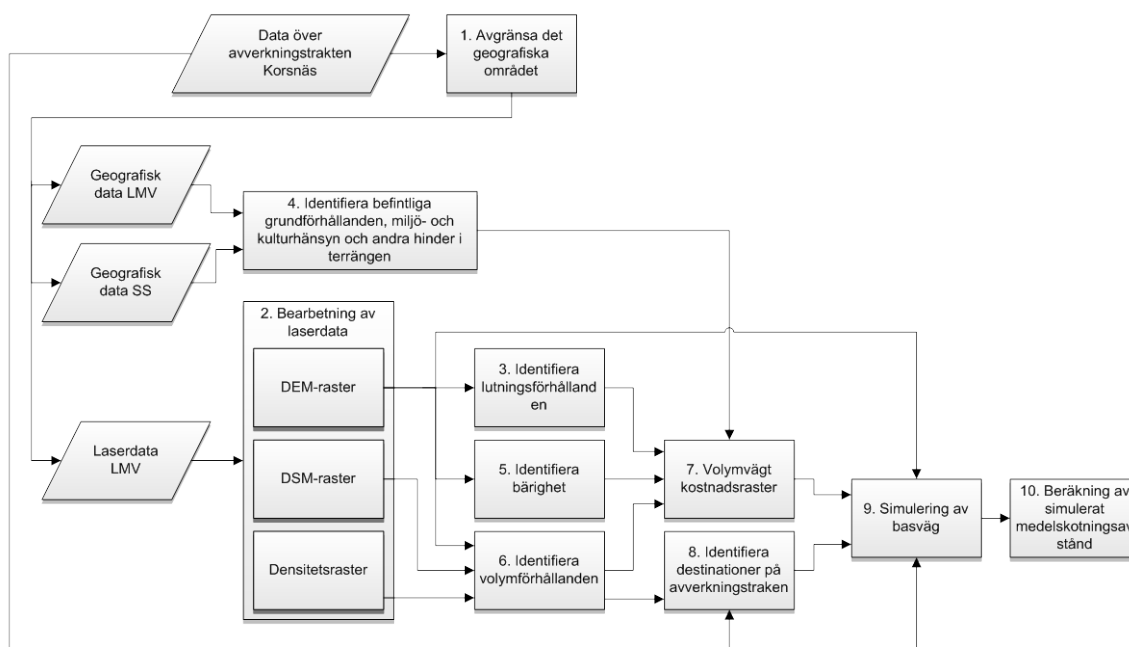
<sup>1</sup> Geografisk Sverigedata (GSD)

## 2.2.2 Beslutsstödsmodellens huvudsteg

Beslutsstödsmodellen (figur 4) utformades utifrån att identifiera var den volymvägda mittpunkten på traktdelen fanns och därefter simulera den kortaste och minst kostsamma basvägen från avlägg till den volymvägda mittpunkten. Från den kortaste och minst kostsamma basvägen kunde delsträckornas avstånd mätas för att därefter beräkna ett

medelterrängtransportavstånd. Traktdel definieras utifrån definitionen *trakt* (tabell 1). Huvudstegen i modellen var:

1. Avgränsa det geografiska området kring avverkningstrakten.
2. Bearbetning av laserdata till höjd- och densitetsraster.
3. Identifiera lutningsförhållande på avverkningstrakten.
4. Identifiera befintliga grundförhållande, miljö- och kulturhänsyn samt andra hinder på avverkningstrakten.
5. Identifiera grundförhållanden från höjddata på avverkningstrakten.
6. Identifiera volymförhållanden på avverkningstrakten.
7. Skapa ett volymvägt kostnadsraster över avverkningstrakten.
8. Identifiera volymvägda destinationspunkter på traktdelarna.
9. Simulera den kortaste och billigaste basvägen från avlägg till destinationspunkterna på traktdelarna.
10. Beräkna ett medelterrängtransportavstånd utifrån längden på delsträckorna av de simulerade basvägarna i det simulerade planeringsunderlaget.



**Figur 4.** Processkarta över beslutsmodellens 10 huvudsteg, som illustrerar relationen och dataflödet mellan de 10 huvudstegen.

**Figure 4.** Process chart of the 10 steps in the decision support model, illustrating the relationship and data flow between the different steps.

#### 2.2.2.1 Avgränsa det geografiska området omkring avverkningstrakten

För att arbeta med mindre filer vid simuleringen användes MaskinGIS data från Korsnäs till att skapa en avgränsning runt avverkningstrakten. Den skapades genom att söka ut den gemensamma centrpunkten av de traktdelar som fanns på avverkningstrakten. Avståndet från centrpunkten till den punkt på en traktdel som låg längst från centrpunkten söktes ut och adderades med 100 m. Det användes därefter till att skapa ett cirkulärt område kring centrpunkten vilket blev det avgränsade geografiska området för simulering på avverkningstrakten.



#### 2.2.2.2 Bearbetning av laserdata till höjd- och densitetsraster

Laserdata från Lantmäteriet användes till att generera ett höjdraster över marken och ett höjdraster över vegetationen. Laserdata användes även för att generera densitetsraster över marken och vegetationen enligt Sumerlings (2010) metoder. För att skapa höjd- och densitetsraster skapades punktfiler i ArcMap. Laserpunkterna klassas utifrån vilken yta laserpunkten returnerat på vid marknivå, oklassificerad yta, markyta eller vattenyta (tabell 4). Två punktfiler genererades utifrån den klass laserpulsen hade (tabell 4). De punktfiler som genererades var en punktfil med data utifrån klass 2 vilket indikerar markretur, och en punktfil med data utifrån klass 1 vilket indikerar oklassificerad retur. Den oklassificerade returen antogs innehålla data över vegetationen.

**Tabell 4.** Laserpulsernas klass utifrån vilken yta laserpulsen returnerat på (Anon 2010a)

**Table 4.** Laser pulse class based on the laser pulse return type (Anon 2010a)

Klass	Beskrivning
1	Oklassificerad
2	Mark
9	Vatten

Filen med punkter klassade som mark aggregerades till två raster med tre gånger tre meters ( $3 \times 3$  m) upplösning. Ett höjdraster över marken (*DEM*) skapades där cellerna tilldelades medelhöjdvärdet av punkterna inom upplösningen på  $3 \times 3$  m och ett densitetsraster där cellerna tilldelades antalet punkter inom upplösningen  $3 \times 3$  m. Även för punkter klassade som oklassificerade aggregerades ett höjdraster (*DSM*) och densitetsraster över vegetationen med  $3 \times 3$  m upplösning (Sumerling 2010).

#### 2.2.2.3 Identifiering av lutningsförhållanden på avverkningstrakten

För att skapa en faktor som tar hänsyn till lutningen på avverkningstrakten användes DEM rastret för att skapa ett raster över lutningsförhållandena. Lutningen klassificerades från cellvärdet med lutningen i grader till cellvärdet 1 till 5 enligt samma metod som används i Bergs (1995) terrängtypschema (tabell 5).

**Tabell 5.** Klassificering av cellvärdets lutning (i grader) till cellvärde 1 till 5 enligt Berg (1959) terrängtypschema

**Table 5.** Classification of the cell value gradient (in degrees) to cell values according to Berg's (1995) terrain type scheme

Lutningsintervall (i grader)	Klassificering till klassvärde
0 – 6	1
6 – 11	2
11 – 18	3
18 – 27	4
27 – 90	5

#### 2.3.2.4 Identifiering av befintliga grundförhållanden, miljö- och kulturhänsyn och andra hinder i terrängen

Grundförhållanden och hinder i terrängen identifierades utifrån befintlig GIS-data (tabell 3) från Lantmäteriet, Skogsstyrelsen samt nerladdad data om avverkningstrakten från Korsnäs entreprenörswebb. De faktorer som identifierades gavs en viktklass utifrån vilken typ av hinder de representerade. Bärigheten i marken kan identifieras med vilka grundförhållanden den har. De grundförhållandena som bärigheten påverkas av är jordart,

fuktighet, och armering i marken (Malmberg 1981). Det ledde till att befintliga grundförhållanden identifierades utifrån Lantmäteriets myrområden och Skogsstyrelsens sumpskogsområden. Andra hinder eller områden som undveks valdes utifrån befintliga TYP och KKOD koder av hinder i GIS-data (bilaga 5; bilaga 6). Befintlig GIS-data lades ihop till ett lager för de områden som omklassificerades utifrån TYP och KKOD till viktclasser (bilaga 5; bilaga 6) vilket skapade ett raster över de befintliga grundförhållandena på avverkningstrakten.

För att förhindra att basvägen simulerades i anslutning till områden med miljö- och kulturhänsyn, skapades en kantzon kring de linje-, punkt- och polygonobjekt som innehåller data om miljö- och kulturhänsyn på mellan 5 och 25 meter (tabell 6). Vissa miljö- och kulturhänsynsområden samt ett fåtal andra hinder undantogs helt från simuleringen vilket innebar att basvägen inte simulerades på dessa områden. Dessa områden lades samman med kantzonerna för att sedan raderas ur viktrastret vilket gav rastercellerna som raderas attributet "No Data" som undantogs vid beräkningar i beslutsstödsmodellen.

**Tabell 6.** Tillagd kantzon kring punkt-, linje- och polygonobjekt med miljö- och kulturhänsyn och andra hinder för att förhindra simulering av basväg i anslutning till objektet

*Table 6. Added edge zone around point, line and polygon features containing environmental and cultural considerations to prevent simulated main forwarding road on the edge of the object*

Objekt	Beskrivning	Tillagd kantzon (m)
Polygon	Skog och historia	5
Linje	Skog och historia	5
Punkt	Skog och historia	10
Polygon	Nyckelbiotoper	15
Polygon	Naturvärden	15
Polygon	Biotopskydd	15
Polygon	Nyckelbiotoper Bergvik	15
Polygon	Naturvårdsavtal	15
Linje	Kraftledning	15
Linje	Järnväg	15

Genom att addera rastren från grundförhållanden och andra hinder med miljö- och kulturhänsyn skapades ett gemensamt viktraster över hinder och befintliga grundförhållanden.

#### 2.2.3.5 Identifiera bärlighet utifrån höjdskillnader på avverkningstrakten

Bättre bärlighet finns i allmänhet på höjder enligt Malmberg (1981) och Mohtashami (2011). Det medförde att höjdskillnaden på avverkningstrakten användes för att identifiera höga och låga partier i terrängen. De identifierades med DEM rastret där höjdvärdena på avverkningstrakten omklassificerades med metoden "Natural breaks" till fem klasser. Metoden "Natural breaks" ger en naturlig gruppering av data utifrån Fisher-Jenks Algoritm, som skapar logiska brytpunkter i data (Slocum 1999). Klassificeringen generade ett bärlighetsraster där höga höjder gavs cellvärdet 1 och låga höjder cellvärdet 5. Det innebar att den simulerade basvägen hindrades att simuleras i låga partier där det antogs vara sämre bärlighet (Malmberg 1981).

#### 2.2.2.6 Identifiera volymförhållanden på avverkningstrakten

Genom att simulera basvägen utifrån var koncentrationen av volymerna inom avverkningstrakten fanns antogs det i denna studie att längden på stickvägarna och den

totala körsträckan för skotning minskade. Metoden gick ut på att simulera basvägen där det finns en högre andel volym på traktdelen utefter ett volymkvotsraster. Utanför traktdelen simulerades basvägen i områden där det finns en lägre andel volym för att förhindra att den placerades i områden med hög volym. Ett densitetskvotsraster skapades utifrån Sumerling (2010) metod att använda mark- och vegetationsdensitetsrastret samt ett höjdkvotsraster utifrån DEM och DSM rastren. Vid skapandet av ett volymkvotsraster antogs det att vegetationen har hög volym där densiteten är hög och vegetationshöjden är hög. Det gjordes genom att densitetskvotsrastret och höjdkvotsrastret adderades med varandra och klassificerades till fem klasser med metoden "*Natural breaks*". Utanför traktdelen tilldelades volymkvotsrastret cellvärdet 5 vid hög volym och cellvärdet 1 vid låg volym. Inne på traktdelen tilldelades volymkvotsrastret cellvärdet 5 vid låg volym och cellvärdet 1 vid hög volym.

#### 2.2.2.7 Generera ett volymvägt kostnadsraster

Genom att väga samman lutningsrastret, bärighetsrastret och volymkvotsrastret genererades ett volymvägda kostnadsraster. Det volymvägda kostnadsrastret skapades genom att vikta rasternas cellvärden procentuellt vid en addering. I denna studie användes vikter enligt författarens egna antaganden och vikter från Mohtashami (2011) studie. Det gav vid generandet av det volymvägda kostnadsrastret lutningsrastret 50 % vikt, volymkvotsrastret 30 % vikt och bärighetsrastret 20 % vikt. Det volymvägda kostnadsrastret adderades därefter med rastret innehållande data om befintliga grundförhållanden. För att simuleringen av basvägen i huvudsak skulle simuleras på traktdelen, adderades ett extra värde av 10 till celler utanför traktdelarna.

#### 2.2.2.8 Identifiera destinationer på traktdelarna för simulering av basvägar

För att ta reda på vart på en avverkningstrakt en basväg skulle simuleras behövdes en destination för basvägen. Det medförde att en eller flera destinationspunkter simulerades fram utifrån faktorer som framkom under intervjuerna, och befintliga planeringsunderlag hos Korsnäs. Metoden gick ut på att utifrån avläggens placering identifiera var på en trakt del hälften av den volymvägda tyngdpunkten fanns. Vid punkten placerades en punkt som slutdestination för den simulerade basvägen. Traktdelar med en areal under 0,25 hektar (*ha*) undantogs i simuleringen på grund av begränsningar i modellen. Ett volymvägt raster skapades utifrån avläggens placering på avverkningstrakten och volymkvotsrastret. Traktdelarna extraherades ur det volymvägda rastret och omklassificerades till sju klasser med natural breaks. De klassade traktdelarna konverterades därefter till polygoner. I centrum av den polygon med klassvärde 4 placerades en punkt vilket blev den volymvägda destinationen.

#### 2.2.2.9 Simulering av placering av basväg i terrängen

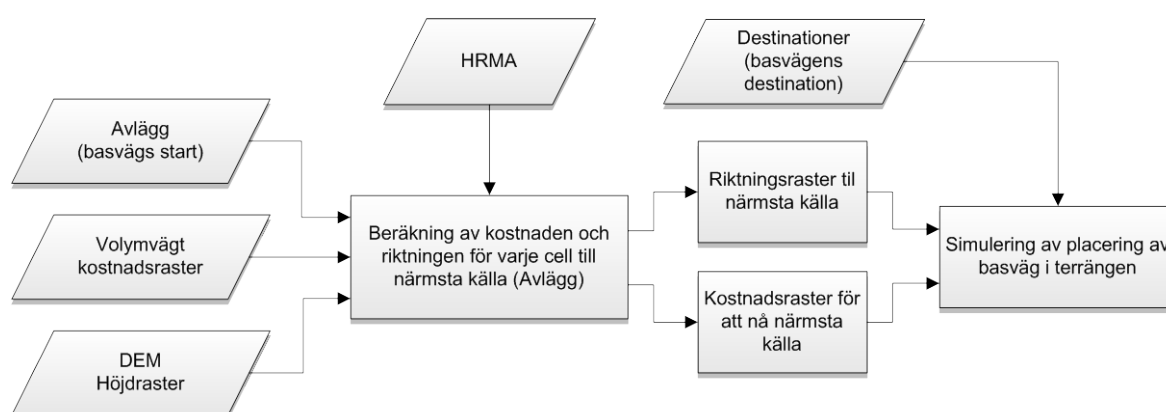
Ett kostnadsdistansraster och riktningraster genererades genom att beräkna minsta kostnaden från varje cell till närmsta källa utifrån höjdskillnader, horisontella- och vertikala faktorer och ett kostnadsraster. Källorna som den minsta kostnaden från varje cell utgick ifrån, valdes utifrån befintliga avläggs punkter från MaskinGIS-data. Det volymvägda kostnadsrastret användes som grund för att beräkna kostnaderna från varje cell till närmaste källa. För att ta hänsyn till höjdskillnaderna på en avverkningstrakt och vid beräkning av den kortaste sträckan användes DEM rastrets höjddata. En horisontell faktor (tabell 7) användes för att en simulerad basväg inte skulle simuleras i sidlutande terräng, eftersom det innebär en hög risk att välta med en maskin vid högre sidlutning än 8-10 % (Malmberg 1988). Resultatet av simuleringen gav ett kostnadsdistansraster som innehöll kostnaden för varje cell till närmaste källa och ett riktningraster som innehöll

information om riktningen från varje cell med minsta kostnad till närmaste källa. Genom att beräkna den minst kostsamma vägen till den volymvägda destinationen utifrån kostnadsdistansrastret och riktningsrastret, simulerades ett raster med data om basvägens sträckning fram till den volymvägda destinationspunkten på en trakt del (figur 5).

**Tabell 7.** Horisontell förflyttningsriktning (HRMA) i grader med motsvarande viktclass för förflyttningsriktning (HF faktor)

**Table 7.** Horizontals moving angle (HRMA) in degrees with corresponding horizontal moving factor (HF factor)

HRMA (grader)	HF faktor
0	1
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
10 till 170	100
175	5
176	4
177	3
178	2
179	1
180	1



**Figur 5.** Processkarta som visar vilket data som används i steget "Simulering av basväg" där placering av basvägar i terrängen simuleras.

**Figure 5.** Detailed process chart showing input data for the simulation of main forwarding road.

#### 2.2.2.10 Beräkning av simulerat medelterrängtransportavstånd

Utifrån den simulerade basvägen kunde ett medelterrängtransportavstånd beräknas med miljö- och kulturhänsyn, den volymvägda mittpunkten och avståndsökningen vid höjdskillnader. Avståndet på delsträckorna uppskattades genom att den simulerade basvägen från en höjdmodell över marken erhöll ett justerat avstånd inklusive de höjdskillnader som fanns efter sträckan. I ArcMap visualiserades sedan den simulerade basvägen från avlägg ut till beräknade destinationer med uppgifter om längd på varje delsträcka visualiserat på en karta över avverkningstrakten.

Medelterrängtransportavståndet för en trakt del beräknades genom att lägga ihop de delsträckor som utgjorde basvägen fram till destinationspunkten på trakt delen.

#### 2.2.2.11 Beräkning av planerat medelterrängtransportavstånd enligt företagets nuvarande rutiner

Medelterrängtransportavstånd skattades enligt den metod som framkom från intervjuerna med avverkningsplanerarna och enligt instruktioner för beräkning av medelterrängtransportavstånd för avverkningsplanerare på distrikt Dalarna. Metoden som användes var att mäta sträckan fågelvägen från ett tänkt avlägg ut till den volymvägda mittpunkten på traktdelen. Om större hinder fanns på sträckan som t.ex. myrar och sjöar justerades sträckan genom att mäta runt hindret (Eriksson 2012, pers. komm.). Vid uppmätning av medelterrängtransportavståndet användes samma avlägg och destinationspunkter som vid simulering av basvägen. Det uppmätta medelterrängtransportavståndet och det simulerade medelterrängtransportavståndet jämfördes och den procentuella skillnaden beräknades. Alla traktdelar vägde lika vid beräkning av medelterrängtransportavståndet för hela avverkningstrakten.

### 3 Resultat

#### 3.1 Intervjuer och kartläggning av befintliga rutiner för beräkning av medelterrängtransportavstånd och placering av basväg i terrängen

De metoder som Korsnäs använder sig av vid beräkning av medelterrängtransportavstånd skiljde sig åt mellan distrikten. I Dalarnas distrikt hade man en metod där sträckan för ett medelterrängtransportavstånd mättes in från tyngdpunkten på avlägget till tyngdpunkten av trakten. Större hinder som t.ex. myrar och sjöar mättes runt för att kompensera längdökningen av ett medelterrängtransportavstånd. I Gästriklands- och Upplandsdistrikt användes sträckan från tyngdpunkten av avlägget till 2/3 delar av trakten för att beräkna ett medelterrängtransportavstånd. Om trakten bestod av flera delar använde båda distrikten samma sätt för att väga ihop de olika delarnas medelterrängtransportavstånd. Metoden bestod i att vikta respektive traktens avstånd med traktens andel av totalvolymen och sedan summera ihop de viktade avstånden till ett volymvägt medelterrängtransportavstånd för hela trakten.

Intervjuerna utfördes i region Dalarna på Korsnäs kontor i Malung och Orsa. Två entreprenörer som utförde skotningsuppdrag för Korsnäs samt tre planerare som avverkningsplanerade för Korsnäs intervjuades. Sammanfattning av intervjuerna återfinns i tabell 8 till 11. Intervjuerna finns sammanfattade i bilaga 3 och bilaga 4.

I intervjuunderlaget används *medelskotningsavstånd* för både medelterrängtransportavstånd och medelskotningsavstånd. Det var dock tydligt att både entreprenörer och avverkningsplanerare tolkade det som medelterrängtransportavstånd, och reagerade på den föreslagna definitionen (för medelskotningsavstånd). Både den planerade basvägen och medelterrängtransportavståndet var viktiga för entreprenörerna eftersom det hade betydelse för planering av avverkningstrakten och maskin användningen. Entreprenörerna utgick i stor utsträckning från den planerade basvägen. Den GYL-bedömning som avverkningsplanerarna gjorde på trakten upplevdes som mindre bra av entreprenörerna (tabell 8).

**Tabell 8.** Sammanfattning av svar på frågor angående placering av basvägar i terrängen och bedömning av terrängförhållanden vid planering

*Table 8. Summary of interview results regarding the placement of the main forwarding road in the terrain and assessments during harvest planning*

<i>Entreprenörer</i>	<i>Avverkningsplanerare</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Föreslagna basvägar i trakt direktiven var bra och kunde i allmänhet används.</li><li>▪ Vid de tillfällen basvägen inte kunde användas, anlades en basväg utifrån det förslag som fanns i trakt direktivet.</li><li>▪ Det planerade medelterrängtransportavståndet användes till planering av avverkningstrakten</li><li>▪ Bedömningen av GYL uppfattades som mindre bra.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ortofoton användes för att ge en överblick av avverkningstrakten vid förslag på vart basvägar kunde placeras i terrängen.</li><li>▪ Den föreslagna placeringen av basvägarna kontrollerades sedan vid fältbesök.</li><li>▪ Efter fältbesök och korrigering av placeringen av basvägarna beräknades ett medelterrängtransportavstånd i GIS.</li><li>▪ GYL bedömdes utifrån erfarenhet och vägdes samman för alla trakt delar på avverkningstrakten.</li></ul>

*Slutsats:*

Planeringsunderlaget är viktigt för entreprenörerna för planering av avverkningstrakter och maskin användning.

Det saknades en gemensam definition för vad medelterrängtransportavstånd var hos entreprenörer och avverkningsplanerare vilket gav upphov till att entreprenörer och avverkningsplanerare diskuterade olika avstånd vid planering. Entreprenörerna upplevde dock att de fick ersättning för det medelterrängtransportavstånd de rapporterade in till Korsnäs och att de hade ett bra samarbete med produktivetsledarna (tabell 9).

**Tabell 9.** Sammanfattning av svar på frågor angående beräkning och vilka sträckor som ingår i ett medelterrängtransportavstånd

*Table 9. Summary of interview results regarding calculation of the average forwarding distance and the specific distances included*

<i>Entreprenörer</i>	<i>Avverkningsplanerare</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det fanns ingen gemensam bild om vad ett medelterrängtransportavstånd var mellan entreprenörerna.</li> <li>▪ Entreprenörerna upplevde dock att de fick en rättvis ersättning för redovisade medelterrängtransportavstånd från Korsnäs.</li> <li>▪ Entreprenörerna tyckte definitionen av medelskotningsavstånd som användes i detta arbete var en bra och rättvis modell för planering och prissättning.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avverkningsplanerarna hade en gemensam arbetsgång vid beräkning och definiering av ett medelterrängtransportavstånd för en avverkningstrakt.</li> <li>▪ Medelterrängtransportavståndet uppmättes från tyngdpunkten av volymen på en trakt del till bilväg och några meter lades till för körning på avläggen.</li> <li>▪ Avverkningsplanerarna använde ingen korrigeringsfaktor (slingertillägg).</li> <li>▪ Avverkningsplanerarna tyckte att definitionen av medelskotningsavstånd som användes i denna studie var ett annat avstånd än vad de angav i planeringsunderlaget.</li> </ul>

*Slutsats:*

Det saknas en gemensam definition av vad medelterrängtransportavstånd är.

Bärigheten ses som en svårbedömd faktor av både entreprenörer och avverkningsplanerare. Entreprenörerna tyckte det var svårt att bedöma terrängen och vägval främst vid dålig ytstruktur. Bärighet och ytstruktur är säsongsberoende och har mindre betydelse under vintersäsongen med snöbelagd och frusen mark. Entreprenörerna önskade bättre underlag för basvägar i planeringsunderlaget för möjligheten att använda grävsropa till att jämna till en basväg i dålig terräng. Både entreprenörerna och avverkningsplanerarna tyckte att en basväg ska vara kort och ha de bästa möjliga förutsättningarna för bärighet och ytstruktur (tabell 10).

**Tabell 10.** Sammanfattning av svar på frågor angående svårigheter i terrängen och svårbedömda terrängfaktorer vid skotning i obanad terräng

*Table 10. Summary of interview regarding terrain difficulties and the terrain factors that are difficult to predict when forwarding*

<i>Entreprenörer</i>	<i>Avverkningsplanerare</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Terräng med dålig ytstruktur upplevdes som svårbedömd och hade stor betydelse för både produktiviteten och förarmiljön.</li> <li>▪ I terräng med dålig bärighet och dålig ytstruktur gjordes det flest misstag vid planeringen av basvägarna, terrängen slet även hårt på maskinerna.</li> <li>▪ På vintern med frusen mark och snö hade ytstrukturen och bärigheten mindre betydelse.</li> <li>▪ En bra basväg skulle vara så slät och rak som möjligt med bra bärighet för att kunna hålla en hög medelhastighet och minska spårbildningen vid skotning av virket.</li> <li>▪ Möjligheten att i högre utsträckning använda gränskopa för att jämna till basvägarna önskades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bärigheten var svår att bedöma eftersom den är väldigt säsongsberoende (när avverkning sker).</li> <li>▪ En basväg skulle vara så framkomlig och kort som möjligt med bra överfarter vid bäckar och andra hinder.</li> </ul>

*Slutsats:*

En basväg ska vara kort och ha bra terrängförhållanden. Bärigheten ses som en svårbedömd faktor av både entreprenörer och avverkningsplanerare.

Både entreprenörer och avverkningsplanerare var positiva till ett beslutsstöd för placering av basvägar och beräkning av medelterrängtransportavstånd, men påpekade att det inte kunde ersätta människan vid planering. Att en basväg kunde bli längre för att undvika hinder men med möjlighet att kunna hålla en högre hastighet vid skotning, sågs inte som några problem. Men avverkningsplanerarna påpekade vikten av att kunna lägga in tvingande sträckor där basvägen måste placeras. Både entreprenörer och avverkningsplanerare ville ha mer information om trakten för att planera en avverkningsstrakt bättre (tabell 11).

**Tabell 11.** Sammanfattning av attityder angående ett beslutsstöd som i förväg ger en föreslagen basväg och medelterrängtransportavstånd

*Table 11. Summary of the attitudes towards a decision support system that suggests the placement of a main forwarding road and calculates the average forwarding distance*

<i>Entreprenörer</i>	<i>Avverkningsplanerare</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entreprenörerna var positiva till förslaget på ett beslutsstöd men påpekade att en modell inte kan ersätta människan.</li> <li>▪ Att en basväg skulle bli längre och att de i större utsträckning kunde få använda broar sågs inte som några problem om de fick ersättning.</li> <li>▪ Entreprenörerna hade önskemål om funktioner i beslutsstödet för att på ett bättre sätt kunna lägga upp avverkningsstrakten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ett beslutsstöd som gav en föreslagen basväg ansåg merparten av avverkningsplanerarna att det kunde vara till nytta vid planeringen.</li> <li>▪ Att behöva göra en längre basväg som kunde bli snabbare ansågs inte som några problem.</li> <li>▪ Avverkningsplanerarna tyckte att det var bra att kunna identifiera övergångar för att sedan i fält kontrollera dessa och korrigera med tvingande övergångar där basvägen måste gå.</li> </ul>

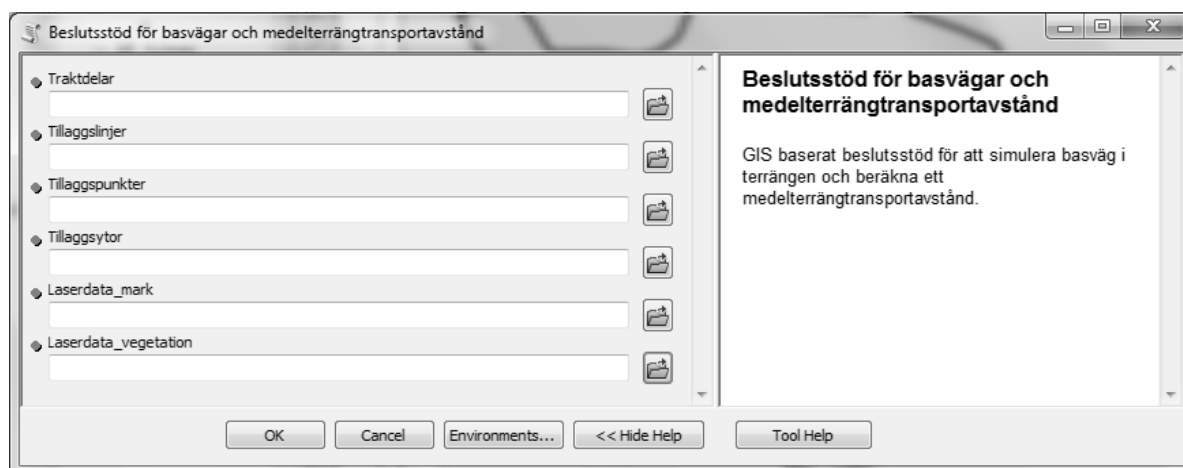
*Slutsats:*

Både entreprenörer och avverkningsplanerare hade en positiv attityd till ett beslutsstöd.



### 3.2 Beslutsstöd för placering av basvägar i terrängen och beräkning av medelterrängtransportavstånd

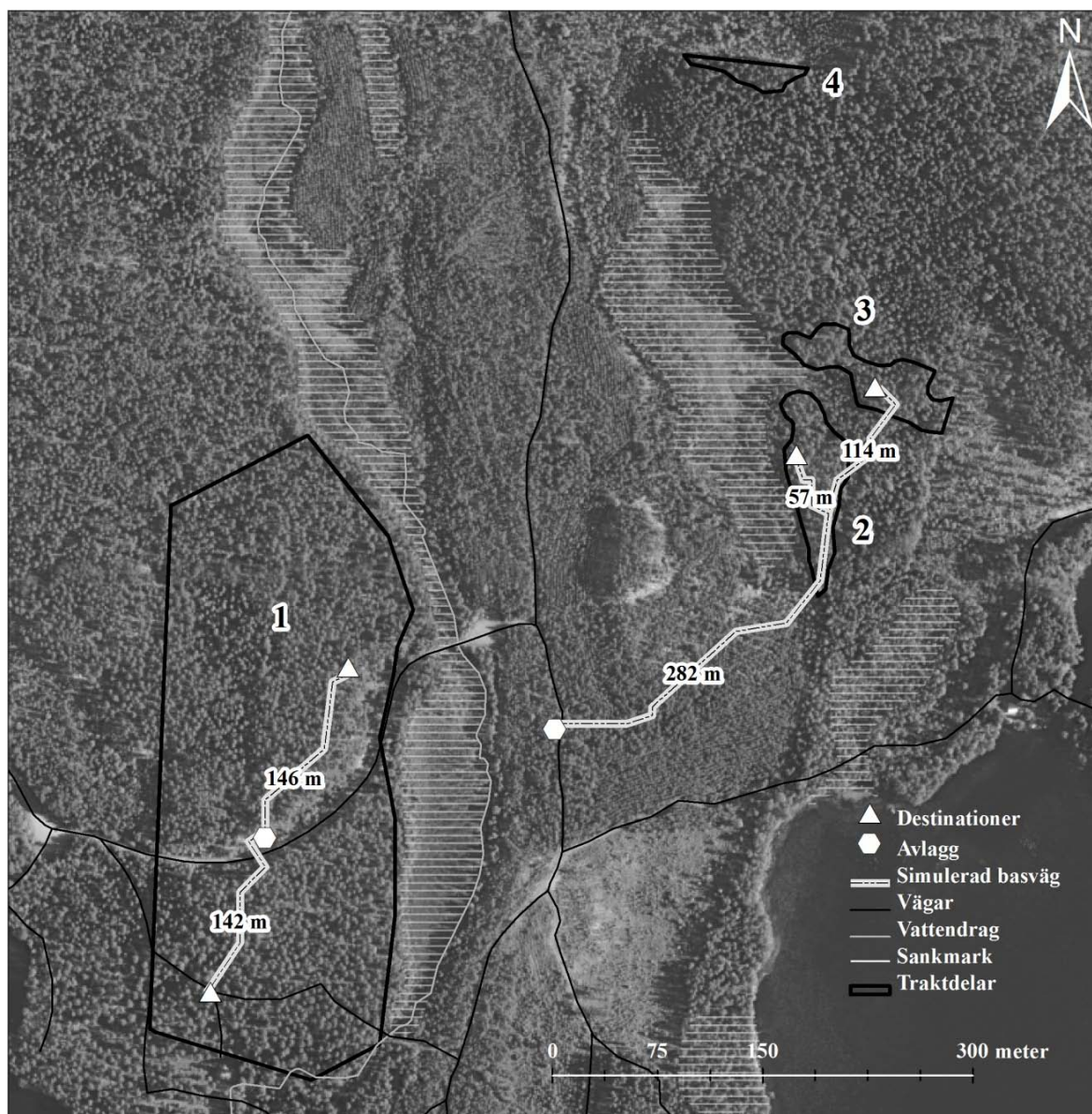
Beslutsstödet utformades så att de MaskinGIS-filer som erhöles från Korsnäs kunde användas vid simuleringen. Dialogrutan (figur 6) där trakttdelar, tilläggsplaner, tilläggsplaner och tilläggsplaner samt punktfiler med laserdata över mark och vegetation över avverkningstrakten valdes för simulering.



**Figur 6.** Dialogrutan för det beslutsstödet som utformades (i ArcMap) där data om avverkningstrakten (trakttdelar, tilläggsplaner, tilläggsplaner, tilläggsplaner och laserdata) väljs för simulering av placering av basvägar och beräkning av medelterrängtransportavstånd.

**Figure 6.** Prompt window for the decision support system developed (in ArcMap) where the input data of the harvesting area is chosen for simulating a main forwarding road and calculating of the average forwarding distance.

Resultatet av körning av beslutsstödet erhöles som ett simulerat planeringsunderlag över den valda avverkningstrakten. Planeringsunderlaget visualiserades i ArcMap och innehöll uppgifter om placeringen av basvägar i terrängen, längd på basvägarnas delsträckor, trakttdelsgränser, avläggens position, destinationspunkternas position, vägar, vattendrag och sankmarker som förekom på den valda avverkningstrakten (figur 7; figur 8).



**Figure 7.** Resultatet från körning av beslutsstödet med data om avverkningstrakt ett visualiserat i ArcMap med information om basvägarnas placering i terrängen och längden på basvägarnas delsträckor för beräkning av medelterrängtransportavståndet.

**Figure 7.** Generated results of the decision support system for harvesting area one, visualized in ArcMap showing the placement and specific distances included in the main forwarding roads to calculate the average forwarding distance.

**Tabell 12.** Storlek på traktdelar, simulerat- och planerat medelterrängtransportavstånd med procentuell skillnad av avstånden mellan de olika mätmetoderna för avverkningstrakt ett

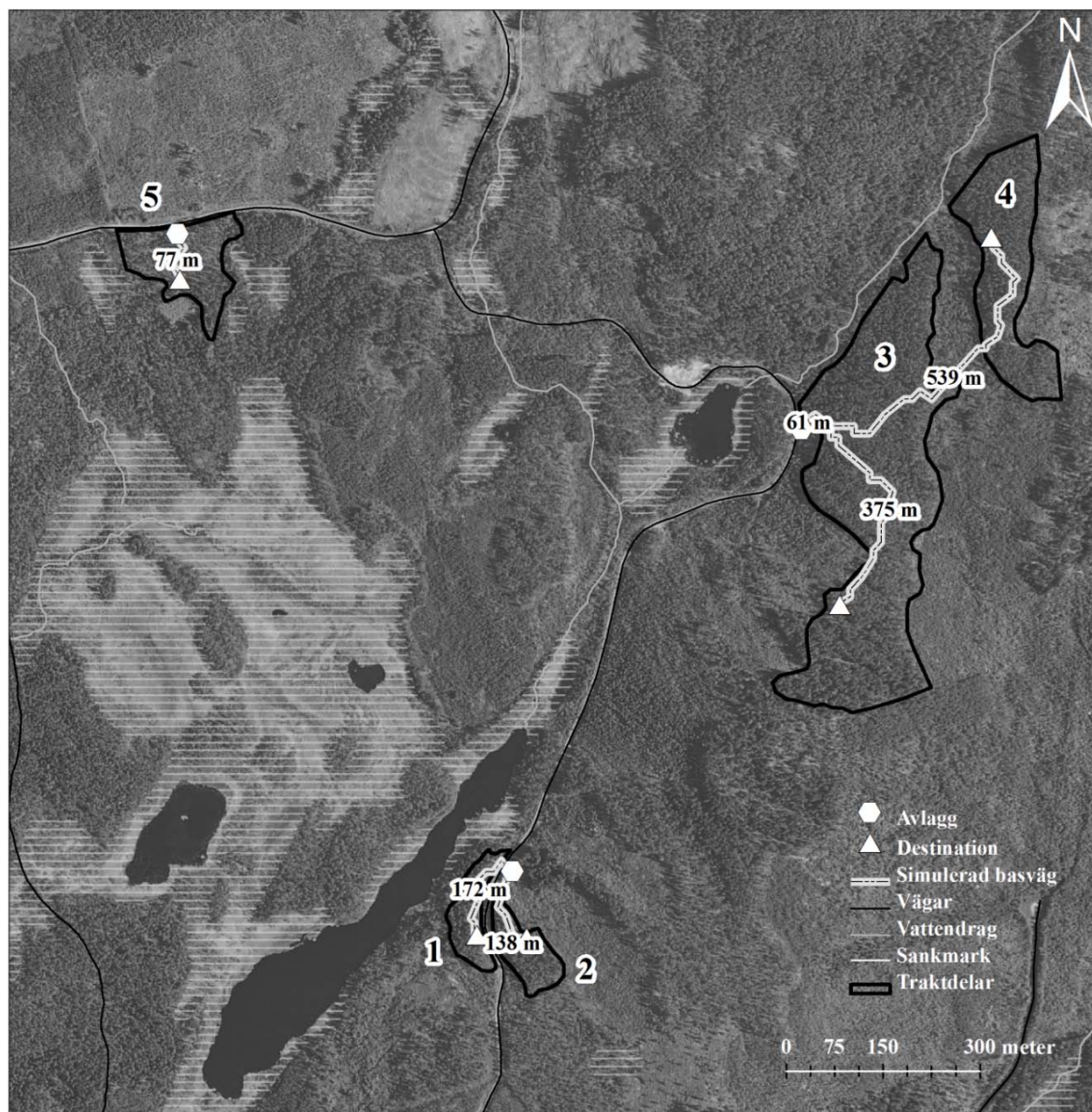
**Table 12.** Size of the included harvest areas in hectare, their simulated- and planned average forwarding distance with relative deviation (%) harvesting area one

Traktdel	Storlek (ha)	Simulerat Medelterrängtransport- avstånd (m)	Planerat Medelterrängtransport- avstånd (m)	Skillnad (%)
1	6,85	144	128	12,5
2	0,39	339	293	7,6
3	0,36	396	368	18,6
4	0,10	-	488	-

Den sammanlagda storleken för traktdelarna var 7,7 ha (traktdel 4 är undantaget i följande beräkningar av den anledningen att arealen är mindre än 0,25 ha). Det simulerade



medelterrängtransportavståndet beräknat utifrån delsträckorna (tabell 12) i det simulerade planeringsunderlaget för avverkningstrakten resulterade i 293 m. Det planerade medelterrängtransportavståndet för avverkningstrakten beräknades till 263 m. Det resulterade i att det simulerade medelterrängtransportavståndet var i medel 11 % längre än det planerade.



**Figur 8.** Resultatet från körning av beslutsstödet med data om avverkningstrakt två visualiserat i ArcMap med information om basvägarnas placering i terrängen och längden på basvägarnas delsträckor för beräkning av medelterrängtransportavståndet.

*Figure 8. Generated results of the decision support system for harvesting area two, visualized in ArcMap showing the placement and specific distances included in the main forwarding roads to calculate the average forwarding distance.*

**Tabell 13.** Storlek på traktdelar, simulerat- och planerat medelterrängtransportavstånd med procentuell skillnad av avstånden mellan de olika mätmetoderna avverkningstrakt två  
**Table 13.** Size of the included harvest areas in hectare, their simulated- and planned average forwarding distance with relative deviation (%) harvesting area two

Traktdel	Storlek (ha)	Simulerat Medelterrängtransport- avstånd (m)	Planerat Medelterrängtransport- avstånd (m)	Skillnad (%)
1	0,82	172	113	52,2
2	0,85	138	106	30,2
3	10,50	436	278	56,8
4	3,46	600	421	42,5
5	1,82	77	75	2,7

Den sammanlagda storleken för traktdelarna var 17,5 ha. Det simulerade medelterrängtransportavståndet beräknat utifrån delsträckorna (tabell 13) i det simulerade planeringsunderlaget för avverkningstrakten resulterade i 285 m. Det planerade medelterrängtransportavståndet för avverkningstrakten beräknades till 199 m. Det resulterade till att det simulerade medelterrängtransportavståndet var i medel 43 % längre än det planerade.

Resultatet från beslutsstödet visar att det fungerar att simulera destinationspunkter, basväg samt delavstånden på en basväg från grundläggande data från Lantmäteriet, Skogsstyrelsen och Korsnäs. Det simulerade medelterrängtransportavstånd som beräknades utifrån delsträckorna i planeringsunderlaget blev mellan 2,7 % till 56,8 % längre än det planerade medelterrängtransportavståndet jämfört med den metod som används av Korsnäs idag på de två avverkningstrakter som utvärderades i studien.

## 4 Diskussion

Resultatet visade att det är möjligt att utveckla ett beslutsstöd för placering av en basväg i terrängen, med hänsyn till både produktivitets- och miljökrav. Utifrån den simulerade basvägen kan delsträckan av ett medelterrängtransportavstånd till en trakt del på en avverkningstrakt beräknas. I intervjuerna var både entreprenörer och avverkningsplanerare positiva till ett beslutsstöd som simulerade fram en föreslagen basväg och beräknade ett medelskotningsavstånd. Entreprenörerna var positiva trots att det visade sig att de simulerade basvägarna kunde medföra längre basvägar och användning av mobila broelement i större utsträckning. Intervjuerna visade att det rådde delade meningar mellan intervjuobjekten om vad ett medelskotningsavstånd är och vilka sträckor som ingår. Dessutom visade det sig att de beräkningsinstruktioner för medelterrängtransportavstånd som tillhandahölls av Korsnäs, skiljde sig åt mellan distrikten.

### 4.1 Produktivitet vid längre basvägar och medelskotningsavstånd

Resultatet visade att de basvägar och medelterrängtransportavstånd som simulerades fram på avverkningstrakterna blev i medel 33 % längre än de skattade medelterrängtransportavstånden. Det kan förklaras med att den simulerade basvägen inte är rak utan undviker hinder och andra faktorer i terrängen på avverkningstrakten. Baserad på produktivitetsdata från Brunberg (2004) kan det dock visas att produktiviteten inte behöver blir lägre trots att avståndet för en väg i terrängen blir längre, förutsatt att terrängförhållandena är bättre. Som exempel beräknades produktiviteten för en medelstor skotare på en 100 m lång basväg med ytstruktur 3 och lutning 3, jämfört med längre basvägar med bättre ytstrukturs- och lutningsförhållande. Beräkning av produktiviteten i  $m^3\text{fub per } G_{15}\text{-timme}$  ( $m^3\text{fub}/G_{15}\text{-tim}$ ) för en medelstor skotare gjordes med Brunbergs (2004) tidsåtgångsformel och körhastighetsformel i terrängkörning vid slutavverkning. Den totala tidsåtgången (T) för skotning beräknades enligt:

$$T = \frac{60}{\left(\frac{(2 \times A)}{(H \times L)}\right)}$$

där A = medelterrängtransportavstånd i meter, L = laststorleken i  $m^3\text{fub}$ , H = körhastighet i meter per  $G_{15}\text{-min}$  ( $m/G_{15}\text{-min}$ ) vid olika ytstrukturs- och lutningsförhållanden. Medelterrängtransportavstånd sattes till 100 m och laststorleken till  $13,6 m^3\text{fub}$  för en medelstor skotare enligt Brunberg (2004). Körhastigheten i  $m/G_{15}\text{-min}$  vid olika ytstrukturs- och lutningsförhållanden beräknades med Brunbergs (2004) funktion för körhastighet i terrängkörning vid slutavverkning där terrängförhållandena ytstruktur (Y) och lutning (L) ingår som faktorer med värden mellan 1-5 enligt terrängtypschema (Berg 1995):

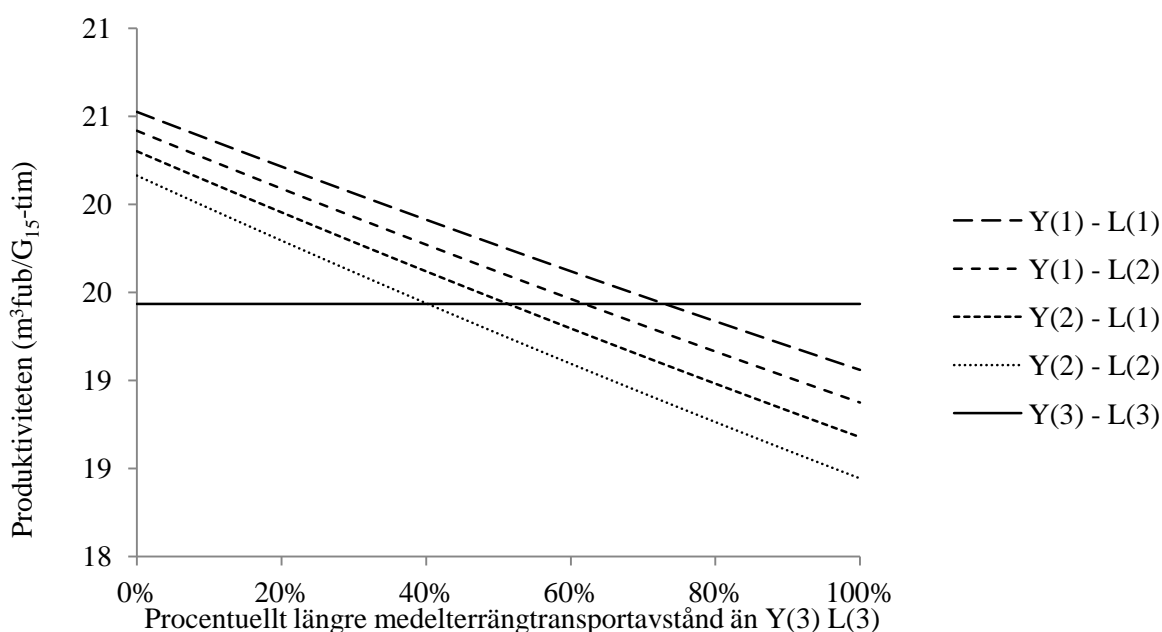
$$H = 75 - (8,2 \times Y) - (1,4 \times L^2)$$

**Tabell 14.** Körhastighet och brytpunkt för möjligt extra längd (%) med bibehållen eller högre produktivitet för skotning vid användning av basvägar med längre medelterrängtransportavstånd och bättre terrängförhållanden jämfört med en basväg med medelterrängtransportavstånd på 100 m och ytstruktur 3 och lutning 3 (markerat med fet stil)

**Table 14.** Forwarder speed and breakeven point giving equal or higher productivity for a longer main forwarding road with lower terrain difficulty class when compared to a 100 m main forwarding road with surface structure class 3 and gradient class 3 (bold)

Basvägsförhållande	Körhastighet (m/G <sub>15</sub> -min)	Brytpunkt (%)
Y(1) - L(1)	65	79
Y(1) - L(2)	61	67
Y(2) - L(1)	57	56
Y(2) - L(2)	53	45
<b>Y(3) - L(3)</b>	<b>38</b>	<b>0</b>

Beräkningen visade att körhastigheten på en basväg med ytstruktur 1 och lutning 1, var 71 % högre och med bibehållen produktivitet i m<sup>3</sup>fub/G<sub>15</sub>-tim kan basvägen vara upp till 79 % längre än en basväg med ytstruktur 3 och lutning 3 (tabell 14). Beräkningen visar att även mindre förbättring av ytstrukturs- och lutningsförhållande ökar körhastigheten och som därmed motiverar en längre basväg upp till en viss brytpunkt (tabell 14). Det visar att produktiviteten för skotning inte behöver minska om en basväg med bättre ytstrukturs- och lutningsförhållande väljs, jämfört mot en kortare basväg med sämre ytstrukturs- och lutningsförhållande. Väljs en bättre och längre basväg vars längdökning befinner sig under brytpunkten visade beräkningen att produktiviteten höjs jämfört med en sämre men kortare basväg (figur 9).



**Figur 9.** Skotnings produktiviten vid nyttjande av en basväg med ett medelterrängtransportavstånd på 100 m och ytstruktur 3 och lutning 3 jämfört med basvägar med procentuellt längre medelterrängtransportavstånd och bättre terrängförhållanden.

**Figure 9.** Forwarding productivity for a 100 m main forwarding with surface structure class 3 and gradient class 3 (solid line) compared to roads with a longer main forwarding road of lower terrain difficulty class (dotted and dashed lines).

I Brunbergs (2004) formeln för beräkningen av körhastigheten i terrängkörning vid slutavverkning finns inte grundförhållanden med som en faktor som kan påverka

körhastigheten. Wästerlund & Eriksson (2011) visade dock att bränsleförbrukningen sänks för en skotare vid en minskning av spårbildningen i terrängen, vilket gör att grundförhållande är en betydande faktor vid körning i terrängen. Det visade sig dessutom vid intervjuerna att dåliga grundförhållanden och ökad spårbildning förhöjde slitaget på maskinerna, vilket innebar ökade reparationskostnader för entreprenörerna. Utifrån det kan man dra slutsatsen att användning av en simulerad basväg som tar hänsyn till produktivitets- och miljökrav kan ge en högre produktivitet, tillåta en högre körhastighet samt ge en kostnadsbesparing och ett mindre slitage på maskinerna. Det förutsatt att den simulerade basvägen har bättre ytstrukturförhållande, lutningsförhållande, grundförhållande samt att längdökningen ligger under brytpunkten jämfört med en basväg utlagd med befintliga metoder.

## **4.2 Jämförelse med andra beslutsstöd**

Att använda GIS för att ge förslag till planering av terrängkörning är något som Mohtashami (2011) undersökte. Mohtashami (2011) definierade subjektivt både start- och slutdestination(er) och använde sig av GIS för att simulera vägar för terrängtransport på en avverkningstrakt och koncentrerade sig på att undvika skador i mark och vatten, vilket delar av denna studie utvecklats ifrån. Likt Mohtashami (2011) kom denna studie fram till att GIS kan vara ett bra verktyg för att vid planering ge ett förslag på var en basväg kan placeras i terrängen för att minska skador på miljön. Förutom en del av de terrängfaktorer som Mohtashami (2011) använde sig av vid simulering av vägar i terrängen, lades i denna studie fler faktorer till vid basvägs simulering. Faktorena som lades till vid utveckling av det beslutsstödet som simulerar fram en basväg och beräknar delsträckorna för ett medelterrängtransportavstånd utifrån den simulerade basvägen var:

- Att simulera en basväg utefter att produktivitets- och miljökrav var likställda.
- Att söka den volymvägda mittpunkten för en traktadel.
- Att koncentrera simuleringen av basvägen på traktdelarna.
- Att simulera placeringen av en basväg utifrån volymkoncentrationen på traktdelen.
- Att beräkna längden på delsträckorna i ett medelterrängtransportavstånd utifrån den simulerade basvägen.

Det utvecklade genererade automatiskt planeringsunderlag innehållande en simulerad basväg samt längden på delsträckorna av den simulerade basvägen, genom att använda befintlig traktinformation och geografiska data. Fördelen med ett beslutsstöd som skapar ett planeringsunderlag innehållande en placering för en basväg i terrängen och längden på delsträckan av ett medelterrängtransportavstånd, är att det precis som Krönt Vägval i Lidén *et al.* (2009) studie, skulle kunna användas för att standardisera underlaget för prissättning av skotningsarbetet. Det leder i sin tur till att entreprenörer och uppdragsgivare vet vilka sträckor som ingår i beräkningen av ett medelterrängtransportavstånd och vid upphandling av tjänsten. För entreprenören skulle det då bli enklare att skatta tidsåtgången för skotningen och att planera maskin-, utrustnings- och personalbehov för en avverkningstrakt. Detta skulle kunna ge besparingar för både entreprenörer och uppdragsgivare då maskin- och personalresurser kan användas effektivare.

## **4.3 Beräkning av planerat medelskotningsavstånd med beslutsstödet**

Det visade sig under studien att det var svårt att med ett beslutsstöd beräkna ett planerat medelskotningsavstånd enligt den definitionen (formel  $S_{medel}$ , stycke 1.2 i Introduktionen) som görs i studien. Då det förutom en simulering av placering av en basväg i terrängen, även behövs en simulering av stickvägarnas placering i terrängen och en simulering av sträckan för körning på avlägg. De studier som gjorts av Flisberg *et al.* (2007) och

Arvidsson *et al.* (1999) där optimering av skotning genomförts, har gjorts utifrån befintligt bas- och stickvägsnät samt detaljerad data om varje virkeshög på en avverkningstrakt. Detta har gett en optimerad rutt och val av virkeshögar för varje lass. Data om virkeshögarnas volym, sortimentsfördelning och position samlades in manuellt i Arvidssons *et al.* (1999) studie och via skördarmätning i Flisbergs *et al.* (2007) studie. Eftersom denna studie riktade in sig på ett beslutsstöd för planeringssteget av en avverkningstrakt, innebär det att vid simulering av stickvägens placering, behövs det initialt en simulering av samtliga virkeshögars placering, volym och sortimentsinnehåll på traktdelen. För att simulera virkeshögarnas placering, volym och sortimentsinnehåll krävs detaljerad data om volym och träslag på trädnivå på traktdelen samt apteringsinstruktioner. Simuleringen av körsträckan på avlägg är också beroende av data om volym och träslagsblandning på traktdelen. Detta beror på att storleken och antalet virkestravar vid bilväg, och därmed även längden på sträckan för körning på avlägg står i direkt förhållande till volymen och antalet sortiment på en traktadel.

#### ***4.4 Skillnad mellan skattat och simulerat medelterrängtransportavstånd***

Resultatet av det simulerade medelterrängtransportavståndet blev i medel 33 % längre än det skattade medelterrängtransportavståndet. Detta kan jämföras med von Segebaden (1964) studie som visade att längden på terrängtransport utlagd fågelvägen ska räknas upp med 35 % för att korrigera för undvikande av hinder i terrängen vid terrängkörning. Resultatet från denna studie, att terrängtransporten blir längre eftersom man inte kan köra rakt fram i terrängen, är i linje med det som observerades av von Segebaden (1964). I denna studie förekom det även stor variation i överensstämmandet mellan skattat och simulerat avstånd mellan de olika traktdelarna. Detta är i linje med både von Segebadens (1964) studie och med de jämförelser mellan skattad och faktiskt körd sträcka som gjorts av Tiger (2012) och Femling (2010). Den nuvarande lättanvända metoden är inte oväntat oprecis, och man kan inte förvänta sig att planerade medelterrängtransportavstånd skall stämma för enskilda trakter. Mest troligt ökas planeringsprecisionen med beslutsstöd av den typ som tagits fram i detta arbete.

#### ***4.5 Framtida utmaningar***

Eftersom det finns få studier i ämnet och få avverkningstrakter analyserades i föreliggande studie, behövs ytterligare studier för att utveckla ett beslutsstöd som med större precision simulerar en placering av en basväg i terrängen och beräknar ett medelterrängtransportavstånd. De utvärderingar som bör göras är att utvärdera placeringen av de simulerade basvägarna i fält för att justera de viktklassificeringar som används av beslutsstödet i denna studie. Bättre viktklassificeringar skulle ge bättre placering av basvägar i terrängen och därmed ett rättvisare medelterrängtransportavstånd. Det medelterrängtransportavstånd som beräknas utifrån planeringsunderlaget bör jämföras med verkligt utfall av medelterrängtransportavstånd från avverkade avverkningstrakter. Det för att undersöka om justeringar är nödvändiga för att komma närmare verkligt utfall och ett rättvist medelterrängtransportavstånd. Med dagens teknik och tillgång till information finns stora möjligheter att utveckla ett beslutsstöd ytterligare. Under arbetet med studien framkom fler faktorer som är av intresse för vidareutvecklingen av beslutsstödet. En av faktorerna som framkom var en säsonsberoende faktor som tar hänsyn till årstidsvariationer liknande de Suvinen (2006) visade. Det ger möjlighet att se skillnaden av placering av basvägar och medelterrängtransportavstånd vid förekomst av tjäle i marken vilket påverkar grundförhållandena på avverkningstrakten. Det kan ge hjälp för en avverkningsplanerare att välja avverkningssäsong för en avverkningstrakt. En annan faktor som framkom under studiens gång var en automatisk placering av avlägg vid bästa väg,



med hänsyn till de lagar och regler som finns idag. Det skulle vara till stor hjälp vid planeringen och beräkningen av ett medelterrängtransportavstånd för en avverkningstrakt.

#### ***4.6 Resultatets tillförlitlighet***

Utifrån urvalsmetoden och det begränsade antalet intervjuobjekt kan resultatet blivit påverkat på grund av svårigheter vid tolkning av intervjuerna. En orsak som kan ha påverkat resultatet är att de entreprenörer som intervjuades för studien hade huvudsakligt arbetsområde i västra Dalarna. Därmed kan terrängen i denna region ha varit en påverkande faktor vid svar om terrängsvårigheter och vägval. Om entreprenörer som haft huvudsakligt arbetsområde i Uppland eller Gävleborg intervjuats, kanske helt andra terrängfaktorer framhållits som avgörande vid terrängkörning. Det kan i sin tur ha lett till ett annat resultat vid simuleringen av en basväg och beräkning av ett medelterrängtransportavstånd. Dessutom kan resultatet av simuleringar i det beslutsstöd som utvecklats under studien ha flera faktorer som kan påverka resultatet negativt. Dels är egna antaganden och uteslutningar gjorda för att beslutsstödet skulle fungera. T.ex. är viktclassificeringen av miljö- och kulturhänsyn och andra hinder författarens egna antaganden och slutsatser. Det kan ha gett konsekvenser vid simuleringen då fel antagande vid viktclassificeringen kan ge en felaktig placering av basvägen. Exempelvis kan mindre känsliga miljöhinder undvikas vid placering av basvägen till nackdel för känsliga miljöhinder som klassificerats med fel vikt. Resultatet kan även ha påverkats av att simuleringen är gjord utifrån befintliga data från Lantmäteriet, Skogsstyrelsen och Korsnäs som har olika upplösning och tillverkningsår, vilket kan ha påverkat resultatet av simulering och det slutgiltiga resultatet negativt. Skillnader i upplösningen kan ge upphov till att samma geografiska hinder vid sammanläggning av data från låg upplösning och hög upplösning inte motsvarar varandra. T.ex. kan en bäck från högupplöst data slingra sig fram i terrängen läggas ihop med en bäck från lågupplöst data som är förenklad och är ett rakt streck. Det kan leda till att det finns två bäckar som korsar varandra vid simuleringen i stället för en, vilket gör det komplicerat att simulera en bra övergång över bäcken. Resultatet från simuleringen utvärderades aldrig i fält vilket kan ha medfört att viktiga faktorer förbisets och brister i modellen för simulering inte identifieras. Det kan medföra till att den simulerade basvägen placeras i terrängen där hinder finns som ger problem vid skotning.

#### ***4.7 Slutord***

Studien visade att ett beslutsstöd kan utvecklas för att skapa ett planeringsunderlag för att underlätta planeringen av en avverkningstrakt, för både avverkningsplanerare och entreprenörer. Planeringen för avverkningsplaneraren underlättas då planeringsunderlaget ger förslag på placering av en basväg i terrängen, som sedan kan kontrolleras och korrigeras i fält. När placeringen av basvägen är korrigerad och fastställd kan ett medelterrängtransportavstånd beräknas utifrån planeringsunderlaget och fastställas för traktdirektivet. Traktdirektivet som entreprenören i sin tur planerar utifrån, innehåller medelterrängtransportavstånd och placering av basväg, till de traktdelar som finns på en avverkningstrakt. MaskinGIS filen som entreprenören använder sig av vid avverkning kan kompletteras med den färdiga rutten av den simulerade basvägen. Det ger möjlighet för skördarföraren att koncentrera avverkningen utifrån basvägen och koncentrera volymerna kring basvägen, vilket leder till mindre körning på stickvägar. Skulle skogs- och entreprenadbranschen enas om att använda ett beslutsstöd liknande det som utvecklats i denna studie, skulle det vara möjligt att skapa en standard för hur basvägar placeras i terrängen och hur ett medelterrängtransportavstånd beräknas, med hänsyn till både produktivitets- och miljökrav. Det skulle i sin tur underlätta vid upphandling och planering

av en avverkningstrakt samt beräkning av produktiviteten för skotning. En bättre produktivitetsberäkning av skotning skulle kunna leda till att maskin- och personalresurser kan utnyttjas bättre vilket kan ge kostnadsbesparingar för både entreprenörer och uppdragsgivare.

#### ***4.8 Slutsats***

- Det saknas en gemensam syn på för vad medelterrängtransportavstånd är och hur det skattas. Skogsbranschen bör enas om en enhetlig nomenklatur för skotningsavstånd samt hur de ska beräknas.
- Ett beslutsstöd kan utifrån befintlig geografisk data över en avverkningstrakt användas för att simulera en placering av en basväg i terrängen med hänsyn till både produktivitets- och miljökrav.
- Det planeringsunderlag innehållande avståndet för delsträckorna för en simulerad basväg kan användas för att beräkna medelterrängtransportavstånd med hänsyn till både produktivitets- och miljökrav.
- Ett enhetligt planeringsunderlag som skapas med ett beslutsstöd kan ge ett bättre underlag för planering av maskin- och personalresurser, vilket i sin tur kan leda till kostnadsbesparingar för entreprenörer och uppdragsgivare.

## Litteraturförteckning

- Andersson, G., Flisberg, P., Liden, B. & Rönnqvist, M. (2008). RuttOpt - a decision support system for routing of logging trucks. *Canadian Journal of Forest Research* 38(7), 1784-1796.
- Anon (2010a). *Produktbeskrivning Laserdata*. [online] Tillgänglig: <http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/KartorGeografiskinfo/Hojdinfo/Dokumentation/laserdat.pdf>. [Uppdaterad 2011-11-16].
- Anon (2010b). *Skogsvårds lagstiftningen - Gällande regler 1 september 2010*. Jönköping: (Skogsstyrelsen).
- Anon (2011). *Kunskapdirekt*. [online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/templates/Skogsencyklopedin.aspx?id=22808&epslanguage=sv&parentid=11239>. [Uppdaterad 2011-10-31].
- Anon (2012). Mät med trippmätare. (2012, Januari). *Tidningen Skogsentreprenören*, nr. 1. s. 7.
- Arvidsson, P.-Å., Eriksson, P., Eriksson, I., Rönnqvist, M., Westerlund, A. & Igeklint, P. (1999). *Smartare vägval i skotningen - bra för både ekonomi och miljö*. Uppsala: Skogforsk. Skogforsk; Resultat 1999:22.
- Berg, S. (1995). *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Uppsala: SkogForsk.
- Brunberg, T. (2004). *Underlag till produktionsnormer för skotare : productivity-norm data for forwarders*. Uppsala: Skogforsk. Skogforsk; Redogörelse 2004:3.
- Brunberg, T. (2010). *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2009 : ökade drivningskostnader och lägre virkespriser*. Uppsala: Skogforsk. Skogforsk; Resultat 2010:7.
- Carlsson, D. (1999). *Wood flow problems in Swedish forestry*. Uppsala: SkogForsk. Skogforsk; Report 1999:1.
- Femling, J. (2010). *Uppföljning av planerat skotningsavstånd med hjälp av geografisk informationsteknologi (GIT) Follow-up on planned forwarding distance using geographical information technology (GIT)*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 278.
- Flisberg, P., Forsberg, M. & Rönnqvist, M. (2007). Optimization based planning tools for routing of forwarders at harvest areas. *Canadian Journal of Forest Research* 37(11), 2153-2163.
- Kylén, J.-A. (2004). *Att få svar : intervju, enkät, observation*. Stockholm: (Bonnier utbildning).
- Lidén, B., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. (2009). *Krönt Vägval hittar smaraste vägen från skogen till industri*. Uppsala: Skogforsk. Skogforsk; Redogörelse 2004:3.
- Loman, J.-O. (2010). *Skogsstatistisk årsbok 2010*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Malmberg, C.E. (1981). *Terrängmaskinen. D. 1*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Malmberg, C.E. (1988). *Körning i brant terräng : en handledning*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Mohtashami, S. (2011). *Planning forest routes for silvicultural activities using GIS based techniques: A case study of Selesjö in Östergötland, Sweden*. TRITA LWR Masters Thesis LWR-EX-11-20
- Mohtashami, S., Barth, A., Bergkvist, I., Jönsson, P. & Sonesson, J. (2011). *Bättre planering av avverkningsvägar med GIS*. Uppsala: Skogforsk. Skogforsk; Resultat 2011:6.
- Slocum, T.A. (1999). *Thematic cartography and visualization*. Upper Saddle River, N.J. : (Prentice Hall).
- Stair, R.M. & Reynolds, G.W. (2005). *Principles of information systems: a managerial approach*. 7. ed. Boston Massachusetts: Thomson Course Technology.

- Staland, F. (2002). *Bra planering och rätt teknik minskar risken för markskador*. Uppsala: SkogForsk. Skogforsk; Resultat 2002:4.
- Sumerling, G. (2010). *Lidar Analysis in ArcGIS 9.3.1 for Forestry Applications*. Adelaide
- Suvinen, A. (2006). A GIS-based simulation model for terrain tractability. *Journal of Terramechanics* 43(4), 427-449.
- Thelberg, E. (2011). *Gödslingsstrategins inverkan på Holmen Skog, Umeå distrikt*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 336.
- Thorner, M. Skotarkörning lönar sig - med korrekt betalning! (2011, Mars). *Tidningen Skogsteknik*, nr. 1. s. 12-13.
- Tiger, K. (2012). *Jämförelse av skattat och kört skotningsavstånd*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU); Arbetsrapport 357.
- von Segebaden, G. (1964). *Studier över terrängtransportens längd och vägnätets utbyggnad*. Stockholm: Institutionen för skogsteknik. Skogshögskolan; Rapport 23.
- Wästerlund, I. & Andersson, E. (2011). Increased harvesting operation using adapted ground pressure to soil conditions. In: *Proceedings of the 17th International Conference of the ISTVS*. Blacksburg, VA, USA: International Society for Terrain-Vehicle Systems.

## **Personlig kommunikation**

Andersson, Göran. Skogschef, Korsnäs AB. Samtal. April 2011

Eriksson, Fredrik. Produktionsledare, Korsnäs AB. E-post. Januari 2012

## Bilaga 1. Intervjuunderlag för avverkningsplanerare

Observera att i frågorna används *medelskotningsavstånd* för både medelterrängttransportavstånd och medelskotningsavstånd.

*Hur gör du för att beräkna ett medelskotningsavstånd för en avverkningstrakt?*

*Hur ser planeringsunderlaget ut för att beräkna ett medelskotningsavstånd för en avverkningstrakt?*

*Används någon korrigeringsfaktor vid beräkningen av ett medelskotningsavstånd?*

*Hur gör du bedömningen av GYL?*

*Tycker du att planeringsunderlaget för beräkning av medelskotningsavstånd är lätta att förstå?*

*Vilka hjälpmedel har ni tillgång till vid dragning av basväg i terrängen och beräkning av ett medelskotningsavstånd?*

*Kontrolleras dragningen av basvägen i fält på avverkningstrakten och korrigeras om det finns hinder som ej det tagit hänsyn till?*

*Hur viktigt tycker du det är att ett medelskotningsavstånd blir korrekt?*

*Hur definierar du medelskotningsavstånd - vilka körda sträckor tycker du ska ingå i ett medelskotningsavstånd?*

*Vad tycker du om definitionen av medelskotningsavstånd som används i detta arbete?*

*Hur tänker du när du väljer basväg i terrängen?*

*Vad tycker du är svårast vid planeringen av en basväg i terrängen?*

*Vilka faktorer klagar skördar- och skotarförare främst på vid dragning av basväg i terrängen?*

*Vad har ni för uppföljning på medelskotningsavståndet?*

*Vad gör ni när det planerade och faktiska medelskotningsavståndet inte överensstämmer?*

*Vad tror du om ett verktyg som i förväg utifrån hänsyn till produktivitets- och miljökrav ger en föreslagen basväg och medelskotningsavstånd?*

*Om en föreslagen basväg skulle bli längre med hänsyn till produktivitets- och miljökrav men ni som uppdragsgivare fick betala för den extra sträckan – skulle den föreslagna vägen då användas i planeringen?*

*Om den föreslagna basvägen var som i föregående fråga längre, men skulle gå snabbare att köra – skulle den föreslagna basvägen då väljas?*

*Om verktyget skulle identifiera övergångar i förväg vid sämre bärighet och över vattendrag skulle kraven på att använda utrustning som t.ex. broar användas i större utsträckning?*

*Vad mer skulle du önska av ett sådant planeringsverktyg?*

## Bilaga 2. Intervjuunderlag för skördar- och skotarförare.

Observera att i frågorna används *medelskotningsavstånd* för både medelterrängtransportavstånd och medelskotningsavstånd.

*Vad tycker du om de föreslagna basvägarna i planeringsunderlaget från Korsnäs?  
Hur mycket betyder det planerade medelskotningsavståndet för er vid planering av avverkningstrakten?*

*Hur definierar du medelskotningsavstånd - vilka körda sträckor tycker du ska ingå i medelskotningsavståndet?*

*Vad tycker du om definitionen av medelskotningsavstånd som används i detta arbete?*

*Hur ofta kan ni använda den föreslagna basvägen från planeringsunderlaget?*

*Vad anser du om bedömningen av GYL i planeringsunderlaget?*

*Har ni någon uppföljning på medelskotningsavståndet?*

*Vad gör ni när det planerade och faktiska medelskotningsavståndet inte överensstämmer?*

*Hur mycket påverkar du dragningen av basvägarna?*

*Vad skulle du vilja ändra på i dragningen av basvägar?*

*Vilken terräng och körning sliter mycket på maskinerna?*

*I vilken terräng tycker du det görs flest misstag i planering av basvägen både från planläggning och från skördarförare?*

*Hur tänker du när du väljer väg i terrängen?*

*Vad tycker du är svårast i vägvalet?*

*I vilken terräng tycker du att det är svårast att förutse och bedöma hinder?*

*Vilken terräng är lättast att köra på?*

*Hur skulle du vilja att basvägarna var dragna?*

*Använder ni idag någon speciell utrustning som broar vid körning över vattendrag eller mark med sämre bärighet?*

*Om du skulle klassa vilka faktorer som är viktigast vid körning i terrängen, vilka tycker du är viktigast för att uppnå en bra produktivitet och förarmiljö?*

*Vilka faktorer har mindre betydelse?*

*Vad tror du om ett verktyg som i förväg utifrån hänsyn till produktivitets- och miljökrav ger en föreslagen basväg och medelskotningsavstånd?*

*Om en föreslagen basväg skulle bli längre med hänsyn till produktivitets- och miljökrav än i normala fall, men ni som entreprenör fick betalt för den extra sträckan – skulle den föreslagna basvägen då väljas?*

*Om den föreslagna basvägen var som i föregående fråga längre, men skulle gå snabbare att köra – skulle den föreslagna basvägen då väljas?*

*Om verktyget skulle identifiera övergångar i förväg vid sämre bärighet och över vattendrag skulle användning av utrustning som t.ex. broar användas i större utsträckning?*

*Vad mer skulle du önska mer av ett sådant planeringsverktyg?*

### Bilaga 3. Intervjusammanställning med svar från entreprenörer.

**Tabell 16.** Intervjusammanställning med svar från entreprenörer

**Table 16.** Summary of interview with contractors

	Entreprenör 1	Entreprenör 2	Sammanfattning
<i>Vad tycker du om de föreslagna basvägarna i planeringsunderlaget från Korsnäs?</i>	Bra, är planerarna osäkra anger de ingen basväg.	Det är olika ibland bra ibland sämre, jag brukar alltid syna avverkningstrakterna innan vi åker dit.	Oftast bra men skiljer sig mellan planerarna.
<i>Hur mycket betyder det planerade medelskotningsavståndet* för er vid planering av avverkningstrakten?</i>	Om det är angivet tittar jag på det annars spelar det inte så stor roll	Mycket då vi planerar avverkningstrakterna och maskinanvändning efter det	För ena entreprenören betydde det mycket för planeringen av trakten.
<i>Hur definierar du medelskotningsavstånd* - vilka körda sträckor tycker du ska ingå i ett medelskotningsavstånd?</i>	Den verkliga sträckan från avlägg till hälften av virkestyngdpunkten på trakten.	Den verkliga körda sträckan från avlägg till virkeshög.	Den ena entreprenören använde det verkliga köravståndet medan den andra använde Korsnäs modell.
<i>Vad tycker du om definitionen av medelskotningsavstånd* som används i detta arbete?</i>	Det låter som en schysst modell. Men kräver ombearbetning av prislistorna.	En bra modell.	Båda entreprenörerna tyckte att det verkade vara en bra och rättvis modell.
<i>Hur ofta kan ni använda den föreslagna basvägen från planeringsunderlaget?</i>	Vi kan ändra på någon liten del men använder alltid de föreslagna basvägarna.	Det är olika, det har blivit bättre men inte alla föreslagna basvägar kan vi använda.	Till stor del verkade de kunna använda de föreslagna basvägarna.
<i>Vad anser du om bedömningen av GYL i planeringsunderlaget?</i>	Det är lite si och så, kan vara dåligt uppdaterat.	Den är inte bra, oftast är den för lågt satt.	GYL bedömningen stämde dåligt enligt entreprenörerna.
<i>Har ni någon uppföljning på medelskotningsavståndet*?</i>	Ja det har jag.	Ja det har jag.	Båda följde upp och sparade alla körsträckor.

<i>Vad gör ni när det planerade och faktiska medelskötningssavståndet* inte överensstämmer?</i>	Har ett bra samarbete med kunden där vi får ersättning för det vi kör.	Det är det verkliga avståndet som gäller, det vi har kört.	Båda entreprenörerna hade en bra dialog med produktivetsledaren och hade inget problem med att få betalt för den uppmätta sträckan.
<i>Hur mycket påverkar du dragningen av basvägarna?</i>	De förslagna ändrar jag bara om jag måste.	Jag synar alla basvägar i förväg och kontrollerar om det behövs grävsropa eller annan utrustning, så jag påverkar till stor del dragningen.	Basvägarna kunde de välja själv hur de skulle dras men utgick utifrån det förslag som fanns i planeringsunderlaget.
<i>Vad skulle du vilja ändra på i dragningen av basvägar?</i>	-	Att planeraren tänker på att det är tunga maskiner som måste köra snabbt.	Bärigheten och ytstrukturen är oftast det som kommer upp i intervjuerna.
<i>Vilken terräng och körning sliter mycket på maskinerna?</i>	Blöta basvägar med mycket spårbildning och dålig ytstruktur.	När det är stenigt och dålig ytstruktur. Även blöta partier sliter på maskinerna.	Stenigt, dålig ytstruktur och blöta partier sliter mycket på maskinerna och ökar bränsleförbrukningen.
<i>I vilken terräng tycker du det görs flest misstag i planering av basvägen både från planläggning och från skördarförare?</i>	I terräng med dålig ytstruktur	Det är på avverkningstrakter med dålig bärighet.	Bärighet och ytstruktur är två svårbedömda faktorer vid planeringen.
<i>Hur tänker du när du väljer väg i terrängen?</i>	En så fin basväg som möjligt med lite spårbildning tänker jag främst på	En så rak och jämn basväg som möjligt för att kunna hålla en hög medelhastighet.	En snabb rak och så jämn basväg som möjligt eftersträvas.
<i>Vad tycker du är svårast i vägvalet?</i>	Det är när det är dålig ytstruktur, då är det svårt att välja en bra väg	När det är stenigt och dåligt ytstruktur.	När det är stenigt och dålig ytstruktur upplever entreprenörerna att det är svårt att välja väg.



<i>I vilken terräng tycker du att det är svårast att förutse och bedöma hinder?</i>	Terräng med dålig ytstruktur.	Terräng med dålig ytstruktur.	Terräng med dålig ytstruktur.
<i>Vilken terräng är lättast att köra på?</i>	Där det är platt och inga stenar.	Släta jämna vägar med bra bärighet.	Jämn terräng med bra bärighet.
<i>Hur skulle du vilja att basvägarna var dragna?</i>		Så man snabbt kom till bakändan på trakten.	En bra planerad basväg genom trakten som skördaren kan utgå ifrån i avverkningen.
<i>Använder ni idag någon speciell utrustning som broar vid körning över vattendrag eller mark med sämre bärighet?</i>	Ja det gör vi, vi har alltid med oss en rejäl trumma. Sen använder vi oss av virke på trakten.	Ja, vi har med oss en rejäl trumma och sen virke från trakten.	Entreprenörerna använda båda trummor och virke på trakten för att skapa broar och överfarter.
<i>Om du skulle klassa vilka faktorer som är viktigast vid körning i terrängen, vilka tycker du är viktigast för att uppnå en bra produktivitet och förarmiljö?</i>	Ytstrukturen är den tuffaste för produktiviteten och förarmiljön. Frusen mark med snö ger oftast mycket bra förarmiljö och produktivitet.	Att skapa en jämn och fin basväg. Gärna använda grävskopa i större utsträckning. På vintern är det ett mindre problem.	De faktorer som är viktigast är ytstrukturen, att skapa en jämn basväg. På vintern är problemet mindre då ojämnheter jämnas ut av packad snö.
<i>Vad tror du om ett verktyg som i förväg utifrån hänsyn till produktivitets- och miljökrav ger en föreslagen basväg och medelsköttningsavstånd*?</i>	Som ett verktyg för att planeraren i förväg har ett förslag låter det väldigt bra, man kan aldrig ersätta människan i alla bedömningar. En bra modell för att kunna jämföra priser mellan entreprenörer.	Kan vara positivt att veta vart på en traktdel man ska börja och hur man ska utnyttja trakten. Sen får man alltid när man kör maskinen göra små ändringar.	Entreprenörerna hade en positiv inställning till verktyget som ett för planeringsverktyg och en modell för att jämföra priser mellan entreprenörer.

<i>Om en föreslagen basväg skulle bli längre med hänsyn till produktivitet och miljökrav än i normala fall, men ni som entreprenör fick betalt för den extra sträckan – skulle den föreslagna basvägen då väljas?</i>	Ja absolut.	Ja.	Entreprenörerna hade inga problem att köra en längre sträcka om de fick betalt för det.
<i>Om den föreslagna basvägen var som i föregående fråga längre, men skulle gå snabbare att köra – skulle den föreslagna basvägen då väljas?</i>	Ja, vi kör alltid enligt de instruktionerna vi får från våra kunder.	Ja så länge vi får betalt för de längre sträckorna är det inga problem.	Ja.
<i>Om verktyget skulle identifiera övergångar i förväg vid sämre bärighet och över vattendrag skulle användning av utrustning som t.ex. broar användas i större utsträckning?</i>	Ja	Ja, det går ju snabbare att hitta en väg om man har alternativ att gå efter.	Entreprenörerna skulle i större utsträckning kunna använda sig av broar.
<i>Vad mer skulle du önska mer av ett sådant planeringsverktyg?</i>	Att identifiera om det finns nog med virke runt ett blöt håll för att bygga en bra övergång med skördaren. Att kunna se ytstrukturen på olika delar av basvägen för att veta vart det krävs en grävsropa för att skapa en bra basväg.	Hur man ska lägga upp huggningen på bästa sätt t.ex. mot en förutbestämd basväg. Alla stöd är bra	Båda entreprenörerna skulle vilja ha mer planeringsstöd i verktyget för att i förväg kunna lägga upp huggningen och basvägar på ett bättre sätt.
<i>Övriga frågor eller synpunkter?</i>	Viktigt att man om man använder ett nytt verktyg för att beräkna pris måste en ny prislista arbetas fram.	Det är svårt med basvägar, finns egentligen inga rätt och fel men måste fokusera på en bra produktivitet.	Börjar man använda en ny prismodell måste en ny prislista arbetas fram.

---

\* Observera att i frågorna används *medelskotningsavstånd* för både medelterrängtransportavstånd och medelskotningsavstånd.

## Bilaga 4. Intervjusammanställning med svar från avverkningsplanerare.

**Tabell 17.** Intervjusammanställning med svar från avverkningsplanerare

**Table 17.** Summary of answers from interview with logging planners

	Planerare 1	Planerare 2	Planerare 3	Sammanfattning
<i>Hur gör du för att beräkna ett medelskotningsavstånd* för en avverkningstrakt?</i>	Mäter från tyngdpunkten av volymen på trakten ut till avlägg och lägger till 50-75m på väg för transport vid avlägg.	Mäter från det jag tror är tyngdpunkten av volymen på trakten ut på vägen och lägger på några meter efter vägen.	Mäter ut på skärmen för varje traktadel och väger ihop det för hela avverkningstrakten. Lägger till 50 m vid bilväg för att kompensera för avläggen.	Mäter från tyngdpunkten på traktdelen ut till bilväg och lägger till några meter vid bilväg för att kompensera för körning på avläggen.
<i>Hur ser planeringsunderlaget ut för att beräkna ett medelskotningsavstånd* för en avverkningstrakt?</i>	Vi har ett planeringsunderlag som är bra, vi får ut det vi behöver.	Jo det finns en instruktion.	Finns underlag men vi gör ungefär likadant alla här.	Det finns underlag för hur beräkningen görs men de har en egen arbetsgång för hur det görs.
<i>Används någon korrigeringsfaktor vid beräkningen av medelskotningsavståndet*?</i>	Nej, vi lägger på några meter om det är besvärlig terräng.	Nej det gör det inte.	Nej.	Ingen korrigeringsfaktor används.
<i>Hör gör du bedömningen GYL?</i>	En helhetsbedömning av hela trakten görs utifrån erfarenhet.	Det görs okulärt på trakten utefter erfarenhet.	En helhetsbedömning okulärt över trakten, särskiljer sig någon del gör vi en egen traktadel.	GYL bedöms okulärt efter erfarenhet och vägs samman för trakten.

<i>Vilka hjälpmedel har ni tillgång till vid dragning av basväg i terräng och beräkning av medelskotningsavstånd*?</i>	Vi använder datorn för att beräkna skotningsavståndet.	Tittar på kontoret innan jag åker ut och tittar ut vilka vägar som ligger närmast, sen går jag vägarna och snitslar ut till traktdelarna vid avverkningstrakten. Använder datorn sedan för att beräkna skotningsavståndet.	Använder datorn för att beräkna skotningsavståndet, basvägarna dras och snitslas ute på trakten.	Datorn med ortofoton används för att titta på trakten och indirekt hitta bra vägar direkt, men den riktiga dragningen görs i fält för att sedan på kontoret igen beräkna medelskotningsavståndet.
<i>Hur definierar du ett medelskotningsavstånd* - vilka sträckor tycker du ska ingå i ett medelskotningsavstånd*?</i>	Från tyngdpunkten av volymen på traktdelen ut till väg.	Inte tänkte så mycket på det. Från tyngdpunkten av volymen på traktdelen ut till väg.	Vi gör en subjektiv bedömning av skotningsavståndet.	De definierar det utifrån tyngdpunkten av virke på trakten ut till körväg med tillägg för körning på avlägg.
<i>Vad tycker du om definitionen av ett medelskotningsavstånd* som används i detta arbete?</i>	Det är en annan sak än vad vi kallar medelväg och det är viktigt att veta att vi pratar om olika avstånd.	Det är viktigt att veta att det är skillnad på vad vi kallar skotningsavstånd och medelskotningsavstånd. Det beror på lite av körsättet som föraren har.	Okej	Medelskotningsavståndet är en annan sak än vad som anges i planeringsunderlaget är den allmänna uppfattningen.
<i>Hur tänker du när du väljer väg i terrängen?</i>	Att skapa en så framkomlig och bra väg som möjligt.	Att välja en så bra väg som möjligt.	Att få en bra väg utifrån bärighet och kortaste vägen, hitta bra överfarter vid bäckar genom att spätta överfarterna.	De vill skapa en så framkomlig och kort väg som möjligt.

<i>Vad tycker du är svårast vid planeringen av en basväg i terrängen?</i>	Att veta hur bärigheten är i terrängen, vill gärna att entreprenörerna är delaktiga i dragningen av basvägarna. Svårt att veta hur det ser ut i terrängen när avverkningen sker, mycket är säsons- och väderberoende.	Lutningen	Bärigheten, att veta om basvägen verkligen håller eller om man måste dit och trampa innan.	Bärigheten är det som de främst pratar om som är svårt att bedöma, speciellt säsonsberoende variationer. Även lutningen har kommit upp.
<i>Vad tror du om ett verktyg som i förväg utifrån hänsyn till produktivitets- och miljökrav ger en föreslagen basväg och medelskotningsavstånd*?</i>	Bra med mer bakgrundsmaterial när vi åker ut på trakten, då kan vi kontrollera dragningen och fokusera mer på svåra partier.	Tror mest att man har nytta av verktyget i efterhand när man besökt trakten. Beräkning av skotningsavståndet är inte så svårt.	Ja om man har bra grunddata och får en föreslagen basväg och se om den fungerar.	Som ett planeringsunderlag för att ge ett förslag tyckte två av dem att det verkade som ett bra verktyg och en planerare var tveksam.
<i>Om en föreslagen basväg skulle bli längre med hänsyn till produktivitets- och miljökrav än i normala fall, men ni som uppdragsgivare fick betala för den extra sträckan – skulle den föreslagna basvägen då användas i planeringen?</i>	Entreprenören måste ha ersättning utefter vilka förutsättningar som finns på trakten.	Ja	Ja	Här var det inga problem att använda en basväg som var längre för att ta hänsyn till produktivitets- och miljökrav.
<i>Om den föreslagna basvägen var som i föregående fråga längre, men skulle gå snabbare att köra – skulle den föreslagna basvägen då väljas?</i>	Ja	Ja	Ja	Det var inga problem att ha en basväg som var längre men snabbare.

<i>Om verktyget skulle identifiera övergångar i förväg vid sämre bärighet och över vattendrag skulle kraven på att använda utrustning som t.ex. broar användas i större utsträckning?</i>	Ja, ju mer vi vet när vi går ut och planerar ju bättre. Vi kan öka kraven på broar och övergångar.	Ja vi har idag tvingande ställen, men det kan vara svårt att simulera.	Ja, det kan vara svårt och besvärligt.	Här tyckte de alla att det var bra att kunna identifiera övergångar för att sedan kunna rita in de tvingande övergångarna.
<i>Vad mer skulle du önska mer av ett sådant planeringsverktyg?</i>	Att det ska vara snabbt och enkelt och ge en tydligare bild över trakten som hjälper till vid planeringen.	Nej, tror det blir svårt att få fram en väg man kan köra av verktyget.	Nej	Att verktyget ska vara snabbt och ge en tydligare bild över trakten för planering.

---

\* Observera att i frågorna används *medelskotningsavstånd* för både medelterrängtransportavstånd och medelskotningsavstånd.

## Bilaga 5. Tabell för viktklassificering utifrån Korsnäs AB TYP-kod

**Tabell 18.** Viktklassificering av terrängklasser, miljö- och kultuthänsyn och andra faktorer utifrån Korsnäs AB MaskinGIS TYP-kod

*Table 18. Classification of terrain classes, environmental and cultural considerations, and other features from Korsnäs AB MaskinGIS TYP-code*

TYP kod	Beskrivning	Vikt			
0	Övrig landareal	0	25	Kant mot bebyggelse	10
1	Myr	25	26	Kant mot odlad mark	10
2	Hällmark	25	27	Fornlämning	25
3	Annat impediment	25	28	Barr dominerat	0
4	Bäckdrag/ravin	25	29	Löv dominerat	0
5	Blockmark	15	30	Löv/barr lika	0
6	Urskog/Naturskog	25	31	Ungskogsgrupp	0
7	Källa/Småvatten	25	32	Annan grupp	0
8	Sumpskog	20	33	Stockmattor	0
9	Myrholme/holme	0	34	Basväg	0
10	Ö/Udde	0	35	Avläggskoordinat	0
11	Hällmarksskog	15	36	Jaktörn	2
12	Torp, fäbod, husgrund	25	37	Ledning	25
13	Rest av hagmark och äng	15	38	Trädgrupp	0
14	Kvarn/såg och dylikt	15	39	Larmkoordinat	0
15	Kolbotten/tjärdal	25	40	Diken	25
16	Odlingsröse/Stenmur	25	41	Kojplats	0
17	Äldre väg/stig	5	42	Bilväg	3
18	Pil	5	43	GROT	0
19	Växtplats	10	44	Trumma	15
20	Tjäderplats	25	45	Underväxtröjning	0
21	Häckningsplats för sällsynta platser	25	46	Trampning	0
22	Övrigt	0	47	Bro	0
23	Kant mot impediment	10	48	Avlastningsplats	0
24	Kant mot vatten/kring bäck	10	49	GROTVäg	0
			50	Ledning	25

## Bilaga 6. Tabell för viktklassificering utifrån Lantmäteriets KKOD

**Tabell 19.** Viktklassificering av terrängklasser, miljö- och kulturhänsyn och andra faktorer utifrån Lantmäteriets KKOD

*Table 19. Classification of terrain classes, environmental and cultural considerations, and other features from Lantmäteriets KKOD*

KKOD	Beskrivning	Vikt
0	Övrig landareal	0
228	Vatten tub och ränna	25
441	Vattendrag, kartografi klass 1	25
455	Vattendrag, kartografiklass 2	25
456	Vattendrag, kartografiklass 3	25
458	Vattendrag under markyta	25
513	Fors	25
516	Vattenfall	25
4	Åker	5
31	Sankmark, svårframkomlig	20
32	Sankmark, normal	15
33	Berg i dagen	0
35	Sankmark, torvtäkt	25
36	Sankmark, blekvät	25
34	Blockig mark	10
950	Sumpskog	20